



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Úspory energie ve výrobním podniku

Energy Savings in the Production Company

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika, management
Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.

Kateřina Linhartová

Praha 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Linhartová** Jméno: **Kateřina** Osobní číslo: **406164**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Úspory energie ve výrobním podniku

Název diplomové práce anglicky:

Energy Savings in the Production Company

Pokyny pro vypracování:

- popište legislativu související s úsporami energie
- analyzujte současný stav energetických procesů v konkrétním výrobním podniku
- navrhněte úsporná opatření a jejich technické a ekonomické parametry
- vyhodnoťte efektivnost navržených variant a formulujte závěrečná doporučení

Seznam doporučené literatury:

KISLINGEROVÁ, Eva. Manažerské finance. 3. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2010. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-194-9.
Energetická legislativa ČR a EU

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Vašíček CSc., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **27.02.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2017**

Platnost zadání diplomové práce: **25.05.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně, a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, dne 26. května 2017

Kateřina Linhartová

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce panu doc. J. Vašíčkovi za nápady a připomínky ke vznikající práci, technickému manažerovi pekárny panu M. Vágnerovi za možnost zpracování práce v konkrétním výrobním podniku, panu Z. Medřickému ze společnosti FAWOO TECH za vypracování nabídky pro výměnu osvětlení, pánům L. Jančokovi a J. Vokurkovi ze společnosti Tedom za poskytnutí informací ohledně plynového tepelného čerpadla a kogenerační jednotky a panu R. Begenimu ze společnosti Sokra za vypracování nabídky pro absorpční jednotku.

Anotace

Diplomová práce se věnuje úsporám energie v pekárně, která se zabývá předpečením různých druhů pečiva a jejich následným šokovým zmrazením. Po úvodní části, kde rozebírám vybranou evropskou a českou legislativu, analyzuji současný stav energetických procesů v pekárně. Vycházím při tom z fakturovaných hodnot a z hodnot získaných pomocí dálkově odečítaného měření. Zaměřuji se na spotřeby elektřiny a zemního plynu, protože data o spotřebě vody nejsou dostačující. Na základě zjištěných informací navrhuji možná úsporná opatření, která hodnotím jak z technického hlediska, tak z hlediska ekonomického. Jako nástroje pro ekonomické hodnocení používám čistou současnou hodnotu, vnitřní výnosové procento a dobu návratnosti. V závěrečné části všechny navržené varianty porovnám a volím soubor opatření, která jsou efektivní. Poté podle stoupajícího IRR a rozpočtu podniku navrhnu pořadí realizace projektů.

Klíčová slova:

Spotřeba energie, úspory, energetický audit, národní akční plán energetické účinnosti, odpadní teplo, rekuperační výměník, LED technologie, plynové tepelné čerpadlo, kogenerace, trigenerace.

Annotation

The diploma thesis deals with energy consumption in a bakery, which main business is to pre-bake various kinds of bread and to cool it immediately. After the opening part with the European and Czech legislation I analyze the state of energy processes in the bakery. During the analysis I compute with values obtained from energy bills and from remote measurement. I am focused on electricity and gas consumption because water consumption data are not sufficient. Designs of saving projects are based on the detected facts and I evaluate them technically and economically. For economical assessment I use the net present value, internal rate of return and pay-back period. In the final part I compare all variants and I choose the set of effective projects. According to the rising IRR and the company budget I suggest an order of projects realization.

Key words:

Energy consumption, savings, energy audit, nation action plan of energy efficiency, waste heat, heat recovery exchanger, LED technology, gas heat pump, cogeneration, trigeneration.

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
0. Úvod	11
1. Vybraná energetická legislativa	12
1.1. Evropská legislativa	12
1.1.1. Směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov	12
1.1.2. Směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti	13
1.2. Česká legislativa	14
1.2.1. Národní akční plán energetické účinnosti (NAPEE)	14
1.2.2. Vyhláška 480/2012 o energetickém auditu a posudku	16
1.2.3. Norma ČSN EN ISO 50001	17
2. Analýza spotřeby energie ve výrobním podniku	19
2.1. Charakteristika činnosti podniku	19
2.2. Základní energetické vstupy	20
2.2.1. Elektřina	20
2.2.2. Zemní plyn	22
2.2.3. Voda	24
2.3. Monitorování spotřeby a definice technologických celků	25
2.3.1. Výroba	26
2.3.2. Strojovny	28
2.3.3. Kotelny	31
2.3.4. Ostatní	32
2.4. Struktura spotřeby a energetická bilance	33
2.4.1. Elektřina	33
2.4.2. Zemní plyn	37
2.4.3. Celková roční bilance	42
2.5. Odpadní teplo	43
2.5.1. Odpadní teplo z pecí	43
2.5.2. Výtlačná pára kompresorů	44
2.5.3. Chlazení kompresorů	45
2.6. Struktura ceny energie	46
2.6.1. Elektřina	46
2.6.2. Plyn	47
3. Výsledky energetického auditu	48

4.	Návrh a vyhodnocení úsporných opatření	49
4.1.	Varianta A – Zprovoznění rekuperačního výměníku	51
4.1.1.	Návrh a ekonomické vyhodnocení	51
4.1.2.	Citlivostní analýza na změnu ceny ZP	53
4.1.3.	SWOT analýza	54
4.2.	Varianta B – Výměna osvětlení za LED	54
4.2.1.	Návrh a ekonomické vyhodnocení – možnost 1	56
4.2.2.	Návrh a ekonomické vyhodnocení – možnost 2	58
4.2.3.	Porovnání všech možností pro výměnu osvětlení za LED svítidla	59
4.2.4.	Citlivostní analýza na změnu ceny elektřiny	60
4.2.5.	Citlivostní analýza na změnu příspěvku na POZE	61
4.2.6.	SWOT analýza	61
4.3.	Varianta C – Možnosti plynového tepelného čerpadla	62
4.3.1.	Návrh a ekonomické vyhodnocení	62
4.3.2.	Citlivostní analýza	65
4.3.3.	SWOT analýza	66
4.4.	Varianta D – Kogenerace	67
4.4.1.	Návrh a ekonomické vyhodnocení	67
4.4.2.	Citlivostní analýza na změnu cen elektřiny a plynu	70
4.4.3.	Citlivostní analýza na změny výše Zeleného bonusu na elektřinu	70
4.4.4.	SWOT analýza	71
4.5.	Varianta E – Trigenerace	71
4.5.1.	Návrh a ekonomické vyhodnocení	73
4.5.2.	Citlivostní analýza na změnu cen elektřiny a plynu	75
4.5.3.	SWOT analýza	75
4.6.	Výsledná doporučení	75
4.6.1.	Přehled výsledků	75
5.	Závěr	79
	Seznam literatury	83
	Seznam tabulek	87
	Seznam grafů	88
	Seznam obrázků	89
	Seznam příloh	89

Seznam použitých zkratk

ACHJ	Absorpční chladicí jednotka
BL/PL	Base load/Peak load
CF	Tok hotovosti (Cash flow)
DCF	Diskontovaný tok hotovosti
DDZ	Denní diagram zatížení
DEZ	Druhotné energetické zdroje
DO	Dálkový odečet
EPC	Energy performance contracting
ERÚ	Energetický regulační úřad
GHP	Plynové tepelné čerpadlo
HBW	High bay warehouse
IEA	International Energy Agency
IRR	Vnitřní výnosové procento
KDCF	Kumulovaný diskontovaný tok hotovosti
KGJ	Kogenerační jednotka
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LED	Light emitting diode
MPG	Monopropylenglykol
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NAPEE	Národní akční plán energetické účinnosti
NPV	Čistá současná hodnota
OM	Odběrné místo
OTE	Operátor trhu
OZE	Obnovitelné zdroje energie
POZE	Podporované zdroje energie
PXE	Pražská energetická burza
SWOT	Strenghts-weaknesses-opportunities-threats
TUV	Teplá užitková voda
TZL	Tuhé znečišťující látky
VOC	Těkavé látky
ZP	Zemní plyn

0. Úvod

Zatímco v minulosti se v podnicích kladl důraz spíše na objem výroby a plnění výrobních plánů, dnes se stále více mluví o snižování energetické náročnosti procesů, využívání odpadního tepla a druhotných energetických zdrojů (DEZ). To je způsobeno obavami z vyčerpání primárních zdrojů, ze závislosti na dovozu paliv ze zahraničí a z nevratného poškození přírodního bohatství. Pravidla pro efektivní využívání zdrojů jsou zakotvena v evropské legislativě a i velké mocnosti jako USA nebo Čína si dnes uvědomují, jak velký potenciál se zde skrývá. Stále více se v tomto kontextu také využívá obnovitelných zdrojů energie (OZE), jejichž postupné rozšiřování v podnicích i domácnostech dělá vrásky na čele zejména distribučním společnostem, které mají svoje elektrická vedení přizpůsobena k toku elektřiny pouze jedním směrem a čelí rizikům přetížení sítě při skokovém nájezdu fotovoltaických či větrných elektráren. Protože OZE, DEZ a vysokoúčinná výroba elektřiny a tepla v kogeneraci (KVET) patří mezi podporované zdroje (POZE), dá se očekávat, že snahy o efektivní využívání energie budou dále růst, ačkoli tato podpora již není tak velká, jako v minulosti.

Podpora POZE může být různého druhu. Mezi podporu provozních variabilních nákladů patří výkupní ceny a zelené bonusy na teplo a elektřinu, mezi podporu fixních nákladů patří investiční dotace (např. Nová Zelená Úsporám). Podpora ve formě výkupních cen a zelených bonusů je vypsána na každý rok zvlášť a tvoří ji Energetický regulační úřad (ERÚ). Je financována z části ze státního rozpočtu a z části ji platíme my, odběratelé, ve formě příspěvku na POZE.

Usilování o snížení energetické náročnosti však nemusí nutně znamenat investiční výdaje. V první řadě je to o spotřebitelích, kteří by měli myslet ekonomicky a zbytečně neplýtvat drahou energií. To se týká například zbytečného svícení, plýtvání teplou vodou nebo nadměrného vytápění budov. Využívání nejúčinnější dostupné technologie by mělo být prioritou před zažitými zvyklostmi a návyky. Technologické procesy by měly být optimalizovány vzhledem ke spotřebě energie a produkci odpadu a pokud možno, tento odpad dále využít. Tuto optimalizaci však není tak jednoduché vytvořit, je třeba komplexní znalost prvků v systému a jejich vzájemného propojení a fungování. K tomu je zapotřebí lidských zdrojů – odborníků, kteří budou mít odpovídající vzdělání a zkušenosti.

V této práci se po úvodním seznámení s energetickou legislativou budu věnovat možnostem energetických úspor ve výrobním podniku, který se zabývá předpečením pečiva a jeho následným zamražením. Specifika tohoto provozu jsou v tom, že na rozdíl od klasických pekáren je zde velká potřeba chladicího výkonu a spíše než vytápět je třeba prostory chladit. To však nemění nic na tom, že z pecí uniká velké množství odpadního tepla do ovzduší a většina tohoto tepla není nijak využita. Vyrobený odpad v podobě těsta a nepovedeného pečiva je odkoupen externí firmou a dále odvážen do bioplynové stanice, kde se dále využívá k energetickým účelům.

1. Vybraná energetická legislativa

1.1. Evropská legislativa

1.1.1. Směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov

Tato směrnice nahradila původní směrnici 2002/91/EU z roku 2002. Předpokládá, že energetické nároky budov se v současnosti podílí 40 % na celkové spotřebě energie a že toto číslo bude nadále vzrůstat. Klade důraz na snižování spotřeby energie, využívání obnovitelných zdrojů a snižování emisí skleníkových plynů tak, aby byly splněny požadavky Kjótského protokolu – snížení těchto emisí alespoň o 20 % proti roku 1990. Potvrzuje usnesení, že do roku 2020 by měl být podíl energie z obnovitelných zdrojů v celé Unii 20 % s tím, že státy mají tuto výrobu finančně podporovat. Do české legislativy byla tato směrnice implementována v podobě Vyhlášky 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Minimální požadavky na stanovení energetické náročnosti budov si definují jednotlivé státy samy s ohledem na ekonomickou efektivnost a místní klimatické podmínky, od společného rámce by se však výsledky neměly lišit o více, jak 15 %. Při stanovování minimálních požadavků se doporučuje použít harmonizované postupy podle evropské směrnice 2009/125/ES (stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie) a 2010/30/EU (o uvádění spotřeby energie a jiných zdrojů na energetických štítcích výrobků spojených se spotřebou energie a v normalizovaných informacích o výrobku). Směrnice se také dotýká pravidelné revize otopných a klimatizačních soustav.

Výpočet energetické náročnosti budovy je založen na množství energie, kterou budova spotřebuje při svém běžném provozu. Bere v potaz tepelné vlastnosti budovy, kotle a tepelné rozvody, klimatizační jednotky, osvětlení a další aspekty uvedené v příloze 1 této směrnice. Rozlišuje se mezi stávajícími budovami, ve kterých by renovace mohla přinést nové možnosti úspor, a novými budovami, které mají mít do 31. prosince 2020 téměř nulovou spotřebu energie. To znamená, že nové budovy by měly mít velmi malou energetickou náročnost a spotřebovaná energie by měla pocházet z obnovitelných zdrojů. Každý členský stát má za úkol vypracovat plány na zvýšení počtu těchto budov a na transformaci těch stávajících.

Směrnice také zavádí obecné požadavky na energetickou certifikaci budov. Tento certifikát (ve vyhlášce 78/2013 Sb. označen termínem „Průkaz energetické náročnosti budovy“) musí kromě informací o energetické náročnosti obsahovat mimo jiné doporučení a vyhodnocení návrhů úspor a jeho maximální platnost je omezena na 10 let. Státy musí zajistit vydání průkazu pro budovy při jejich prodeji nebo pronájmu novému nájemci a tam, kde plochu o minimální rozloze 250 m² užívá orgán veřejné správy a jsou zde časté návštěvy veřejnosti. [1]

Směrnice nařizuje, že každý stát si musí určit pravidla pro revize otopných a klimatizačních soustav. Pro kotle se jmenovitým výkonem 100 kW a vyšším je stanovena kontrola minimálně každé dva roky, u plynových kotlů každé čtyři roky. Z provedených revizí je nutno dodat inspekční zprávu, která by měla obsahovat doporučení pro zlepšení efektivity využití energie. Inspekce a certifikaci budov může provádět pouze akreditovaný a nezávislý odborník. [1]

1.1.2. Směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti

Směrnice o energetické účinnosti vznikla jako reakce na hospodářskou krizi, kterou provází závislost států na dovozu energie, nedostatek zdrojů pro její přeměnu a snahy o zpomalení změny klimatu. Oproti výše popsané směrnici o energetické náročnosti budov pokrývá širší spektrum témat, od obecných pravidel pro zvyšování účinnosti, přes kombinovanou výrobu elektřiny a tepla a energetické audity po efektivnost přenosu a distribuce energie. Pojednává také o renovacích budov a způsobu měření spotřeby energie.

Každý členský stát má povinnost vytvořit si konkrétní cíle pro snížení spotřeby primární nebo celkové spotřeby energie. Vychází se z plánů Unie, kdy maximální spotřeba primární energie v roce 2020 musí činit 1 474 Mtoe a maximální konečná spotřeba energie musí být 1 078 Mtoe (1 Mtoe = 41,868 PJ). Politická opatření mohou spočívat například v ustanovení daně za vypouštění CO₂, finančních pobídek na úsporná opatření nebo ve veřejných programech a energetickém poradenství. Veřejné subjekty by měly nakupovat pouze úsporná zařízení, budovy a služby s ohledem na hospodářskou soutěž a ekonomické faktory. Velikost úspor se může určit ještě před zavedením projektu na základě zkušeností z podobných projektů, po zavedení projektu měřením zvolených veličin nebo pomocí inženýrských odhadů.

Energetický audit má být prováděn nezávislým a akreditovaným odborníkem s ohledem na finanční náročnost. Všechny podniky kromě malých, středních a těch, které mají zavedený systém hospodaření s energií podle norem, musí absolvovat audit každé 4 roky. Energetické audity jsou založeny na naměřených a zpětně zjištěných hodnotách, zkoumají charakter spotřeby podniku a provádí ekonomické a technické výpočty možných úsporných opatření.

Členské státy provedou analýzy ohledně potenciálu vysokoúčinné KVET a na základě jejich výsledků mohou začít tyto projekty podporovat. Původ elektřiny a tepla z KVET zajistí výpočet pomocí harmonizovaných hodnot. Zjišťování budoucích výnosů a nákladů z kogenerace má být prováděno v případech, kdy se staví nová teplárna nad 20 MW tepelného příkonu, rekonstruuje stávající teplárna nad 20 MW, nebo kdy se buduje nová síť dálkového vytápění. Toto se nevztahuje například na špičkové a záložní zdroje nebo jaderné elektrárny. [2]

Směrnice se také dotýká přenosu a distribuce energie. Provozovatelé soustav mají za úkol posunovat spotřebu konečných zákazníků ze špiček mimo špičku, připojování výroben blízko míst spotřeby a na nižších napětích a další. Sazby za distribuci elektřiny by měly odrážet náklady na zvyšování úspor na straně poptávky a tyto ceny mohou záležet na době používání zařízení, odběrech ve špičce a mimo špičku. Provozovatelé přenosové a distribuční soustavy musí každému novému výrobcí z KVET poskytnout úplné informace o technických možnostech připojení a jeho nákladech a také o lhůtách a ostatních podmínkách připojení. [2]

V listopadu 2016 byl vypracován návrh na aktualizaci této směrnice, který upravuje cíle Evropské unie do roku 2030. Zatímco v původní směrnici je závazným cílem pro zvýšení energetické účinnosti celé EU 27 % (resp. snížení spotřeby primární energie oproti roku 2007), v novém návrhu se diskutuje o hodnotě až 40 %. Nakonec je zvolena minimální hranice 30 %, což má přinést růst unijního HDP o 0,4 %, zlepšit konkurenceschopnost podniků a snížit nezaměstnanost vytvořením nových pracovních míst. Ačkoli si individuální příspěvek k celkovému snížení určují členské státy samy ve svých akčních plánech, ve směrnici je požadován pokles ročních dodávek energie o 1,5 %. Také by se měl zdokonalit systém měření dodávek tepla využíváním měřičů s funkcí dálkového odečítání. [3]

1.2. Česká legislativa

1.2.1. Národní akční plán energetické účinnosti (NAPEE)

Současná verze NAPEE je již čtvrtou verzí dokumentu, který byl prvně vydán v roce 2007 na základě evropské směrnice 2006/32/ES. Původním cílem bylo snížení průměrné roční spotřeby energie v České republice z let 2002 – 2006 o 9 % během let 2008 – 2016. Směrnice byla poté nahrazena výše popsanou směrnici 2012/27/EU, na kterou navazuje třetí verze NAPEE, udávající cíle pro rok 2020 a zahrnující všechny hospodářské sektory, od domácností po průmysl a zemědělství. Celková uspořená energie by podle něj měla být ve výši 13,23 TWh v roce 2020. Zatím poslední vydání dokumentu bylo schváleno vládou v březnu 2016 a cíl pro nové úspory v konečné spotřebě energie v roce 2020 se upravuje na 14,08 TWh. Tato změna je způsobena pouze změnou metodiky výpočtu, kdy ČR začala na popud Evropské komise používat metodiku Eurostat místo postupu IEA.

Průběhy plnění vytyčených cílů se pravidelně vyhodnocují a jsou součástí tohoto akčního plánu. Pro vyhodnocení úspory energie u konečného odběratele je použita tzv. metoda top – down, která využívá databázi mezinárodně srovnatelných údajů ODYSSEE. Tímto postupem se zjistilo, že cíle pro dosažení energetických úspor v sektoru domácností, průmyslu, dopravy, terciálního sektoru nebo zemědělství vytyčené NAPEE II byly kromě sektoru dopravy splněny a dokonce o několik PJ překročeny. Za snížením energetické efektivnosti dopravy stojí osobní doprava – počet automobilů na českých silnicích vzrůstá a vzrůstá také počet starších méně úsporných vozů. [4][5]

Za účelem ekonomického a úsporného chování spotřebitelů jsou realizovány osvětové kampaně, které se pomocí médií či letáků snaží o zvýšení všeobecného povědomí o energetické náročnosti domácnosti, štítkování domácích elektrospotřebičů a možnostech čerpání dotačních programů. Subjekty veřejné správy jsou povinny při zadávání zakázek brát v úvahu i environmentální požadavky a při nákupu kancelářského vybavení, osvětlení nebo nového technického zázemí rozhodovat ve prospěch úspornějších technologií. Energy Star je označení certifikovaných zejména kancelářských výrobků, které splňují vybrané technické parametry a jsou zařazeny do veřejně dostupné databáze.

Zkratkou EPC se rozumí pojem „Energy Performance Contracting“ a jedná se o formu smluvního vztahu, kdy investici do zastaralého technického zázemí (např. kotelny) financuje provozovatel této služby a nájemce jej za to platí z garantovaných úspor na provozních nákladech. Tato služba motivuje k využívání účinnějších zařízení a je podporována MPO například vypracováním vzorových smluv nebo metodik pro přípravu těchto projektů. Odhaduje se, že počet uzavíraných smluv bude dále stoupat.

Energetická náročnost průmyslových podniků je sledována ze dvou hledisek. Prvním je zavádění účinnějších technologií a druhým energetická náročnost budov. Mezi žádoucí opatření je zařazeno zavádění a modernizace měřících systémů, využití odpadního tepla, snižování ztrát v rozvodech tepla a elektřiny, instalace OZE pro vlastní spotřebu nebo KVET. Tato opatření by měla být vyhodnocena a doporučena nezávislým energetickým auditorem. [5]

V minulosti bylo vyhlášeno velké množství programů pro služby a průmyslový sektor. V současné době by měly být v těchto sektorech podle NAPEE aktuální následující programy [5]:

- Operační program Životní prostředí 2014 – 2020
 - o priority: zvyšování kvality vody a ovzduší, odpadové hospodářství, energetické úspory nebo péče o přírodu
 - o opatření se vztahuje pro celou ČR mimo Prahy
 - o cílovou skupinou jsou domácnosti, veřejné subjekty, školy, obce, podnikatelé, ...

- Operační program pro inovace a konkurenceschopnost
 - o priority: rekonstrukce rozvodů elektřiny, plynu a tepla, zavádění měření a regulace, modernizace osvětlení, zateplování, KVET nebo trigenerace, využití odpadního tepla, instalace OZE pro vlastní spotřebu, ...
 - o opatření se vztahuje pro celou ČR mimo Prahy
 - o cílovou skupinou jsou zejména malé, střední a velké podniky
 - o minimální výše dotace je 500 tis Kč, maximální 250 mil Kč

-
- Podpora výstavby v ČR v oblasti zvyšování EE a ochrany životního prostředí v souladu se strategií EU 2020 – Strategie EU pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění
 - o priority: uplatnění nových stavebních materiálů a konstrukcí, technických zařízení budov včetně jejich užívání, včetně poskytnutí lepších úvěrových podmínek
 - o opatření se vztahuje pro celou ČR
 - o cílovou skupinou jsou developerské firmy, bytová družstva, průmyslové podniky

1.2.2. Vyhláška 480/2012 o energetickém auditu a posudku

Podle této vyhlášky, která byla zpracována na základě zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií, má povinnost zpracovat energetický audit ta fyzická nebo právnická osoba, které v budovách a energetických hospodářstvích vzniká celková roční spotřeba energie v minimální výši 35 000 GJ (9 722 MWh). U objektů veřejné správy a příspěvkových organizací je minimální hodnota celkové spotřeby energie upravena na 1 500 GJ (417 MWh). Audit se týká těch budov, které spotřebují více jak 700 GJ za rok. V souladu s evropskou směrnicí 2012/27/EU platí, že audit se provádí nejméně každé 4 roky (nebo po větší rekonstrukci objektu) a povinnost se nevztahuje na malé a střední podniky a na ty podniky, které jsou certifikovány pomocí norem ČSN EN ISO 50001 a ČSN EN ISO 14001.

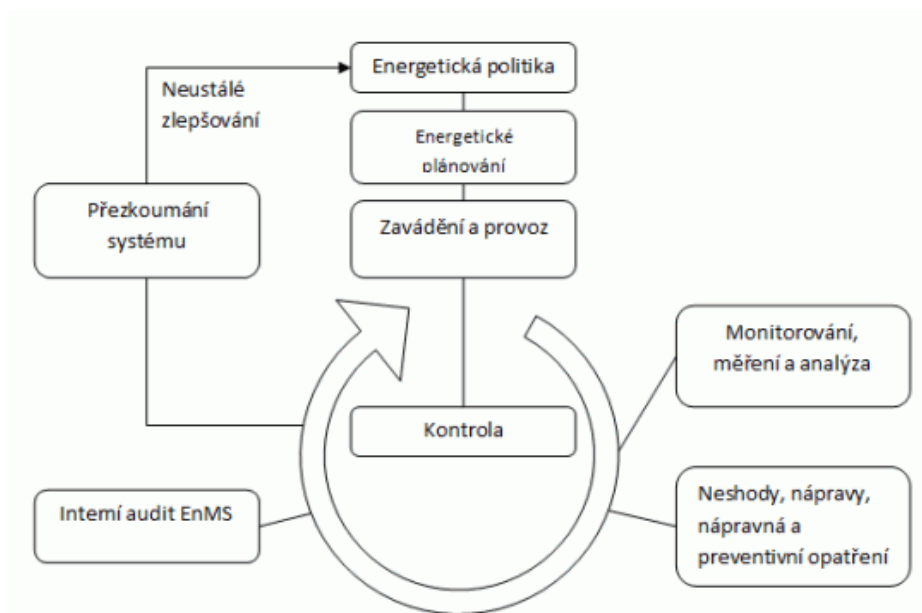
Energetický audit by měl obsahovat tyto formální požadavky: Titulní list a identifikační údaje, popis a vyhodnocení stávajícího stavu v podniku, návrhy ke zvýšení účinnosti a z nich vybrané varianty, výběr optimální varianty a doporučení specialisty a dále evidenční list a kopii o vydání oprávnění k vykonávání energetických auditů. Popis stávajícího stavu obsahuje souhrn hlavních činností podniku a technických zařízení a soustav, situační plán objektu, informace o energetických vstupech za poslední 3 roky, vlastních zdrojích, rozvodech a významných spotřebičích energie, tepelných vlastnostech budov a o systému hospodaření s energií podle souvisejících norem. Na základě poskytnutých dat je provedeno vyhodnocení a jsou navržena opatření pro snížení spotřeby energie. Tyto návrhy jsou porovnány z hlediska ročních úspor energie, investičních výdajů a ročních provozních nákladů v porovnání se stávajícím stavem. Z návrhů jsou vybrány konkrétní varianty, které jsou ekonomicky vyhodnoceny pomocí kritérií NPV, IRR a diskontované doby návratnosti investice. Důležitou částí je také ekologické vyhodnocení, které respektuje emisní limity SO₂, NO_x, NH₃, TZL a VOC. Na základě vypočtených hodnot a zohlednění dotačních programů specialista vybere optimální variantu a provede doporučení.

Energetický posudek se od auditu liší rozsahem zpracování. Zatímco audit podrobně analyzuje všechny energetické toky v objektu a navrhuje vhodné varianty pro zvýšení účinnosti využívání energie, posudek se soustředí na technické, ekonomické a ekologické provedení alternativních způsobů dodávek energie (jako je KVET, využití OZE, tepelné čerpadlo a soustava zásobování teplem) při stavbách nových objektů nebo rekonstrukci stávajících s instalovaným tepelným výkonem nad 200 kW.

Povinnosti spojené se zpracováním energetického posudku upravuje zákon č. 406/2000 Sb. Cílem posudku je mimo jiné nastínit výdaje a příjmy plynoucí z provedení plánované výstavby, které se porovnají s tzv. „srovnávacím zařízením“, které využívá odpadní teplo, dodávku tepla z KVET nebo ze soustavy zásobování teplem. Nástroje používané k analýze a vyhodnocování jsou velmi podobné, jako u energetického auditu. Na závěr je specialistou vydáno doporučení, které obsahuje podmínky pro realizaci posuzovaného projektu a jeho investiční výdaje, odhadované roční provozní náklady, úspory a upravenou energetickou bilanci. [6][7]

1.2.3. Norma ČSN EN ISO 50001

Tato norma, pojednávající o systémech managementu hospodaření s energií, nahrazuje původní normu ČSN EN 16001 a je založena na evropské normě EN ISO 50001:2011. Cílem je podat různým organizacím takový návod, díky kterému by byly schopny zavést vnitřní politiku, která by se zabývala kontinuálním zlepšováním energetické účinnosti podle principu PDCA (Plan – Do – Check – Act). Model tohoto systému je uveden na *Obrázku 1*.



Obrázek 1 Model systému managementu hospodaření s energií podle ČSN EN ISO 50001 [8]

Mezi plánování může patřit analýza výchozího stavu, stanovování ukazatelů energetické náročnosti nebo tvorba akčních plánů pro dosažení cílových hodnot. Pracovníci organizace identifikují zdroje energie a spotřebiče, které danou energii spotřebovávají. Mezi ukazatele energetické náročnosti patří spotřeba energie v čase, na jednotku produkce nebo jiné hodnoty určené organizací. Z těchto informací lze vypočítat energetickou náročnost jednotlivých procesů a najít možnosti jejího snížení na základě odhadů spotřeby budoucí. Díky tomu lze poté vypracovat akční plány, které budou formulovat dílčí cíle, které jsou v souladu s celkovými cíly pro zlepšení účinnosti užití energie. Součástí plánů by

měl být také časový harmonogram, popis metod použitých při ověřování výsledků nebo přiřazení povolaných osob k jednotlivým projektům.

Dále se tyto akční plány musí zavést. To zahrnuje vypracování pravidelně aktualizované dokumentace, obsahující předměty a hranice energetického managementu, stanovené cíle, akční plány a další. Důležitá je komunikace mezi zaměstnanci a vysvětlení důležitosti problému. Nakupované produkty, jako jsou zdroje, energie nebo služby, by měly být posuzovány a porovnávány z hlediska energetické náročnosti, nákladů a environmentálních dopadů.

Všechny procesy je nutné průběžně kontrolovat pomocí měření a jiného monitorování a srovnávat s plánovanými hodnotami. Měřicí přístroje by měly být pravidelně kalibrovány, aby se zamezilo nepřesnosti měření. Pokud vzniknou neshody, je žádoucí je odstraňovat a implementovat preventivní opatření. To znamená, že se u každé neshody určí její příčina a vyhodnotí se, zda je nutné zavést protiopatření a v jaké míře. Vše by mělo být podrobně dokumentováno. Interní audit má být plánován pravidelně a je možné, aby ho zpracovával kompetentní pracovník organizace. Tato osoba však musí být nezávislá a objektivní, což lze zajistit například tím, že není zodpovědná za zkoumané předměty auditu.

Vrcholové vedení podniku by mělo tento systém podporovat, diskutovat výsledky interního auditu, určit zodpovědné osoby a poskytnout technické, finanční a lidské zdroje pro realizaci projektů energetických úspor. Systém managementu by měl být také přezkoumáván, zda odpovídá současnému stavu v organizaci a v jaké míře jsou cíle plněny. Pokud je třeba, lze průběžně měnit ukazatele energetické náročnosti nebo cílové hodnoty. [9]

Zavedení této normy v podniku zahrnuje zejména problém s lidskými zdroji, protože většina zaměstnanců se soustředí na svoji práci a neochotně snášejí změny, které by pro ně samotné znamenaly zvýšení časové a administrativní náročnosti. Energetický management nebývá prioritou pro vrcholové vedení, které se zaměřuje na výsledky pouze hlavní činnosti podniku. Pro společnost je tak jednodušší (ale nemusí být ekonomicky efektivnější) nechat si zpracovat jednou za 4 roky energetický audit, než se snažit o průběžné změny energetické politiky.

2. Analýza spotřeby energie ve výrobním podniku

2.1. Charakteristika činnosti podniku

Potravinářský podnik se zabývá výrobou sladkého a slaného předpečeného zamraženého pečiva. Slané výrobky jako jsou bagety, housky, italské pečivo a další se vyrábí na linkách L1 – L4 a L6 – L9, sladké pečivo převážně z listového těsta potom na linkách P1 a P2, smažené donuty a koblihy na P3. Významný podíl na produkci má také oddělení Ruční výroba, kde se vyrábí například vánočky nebo muffiny. Po automatickém namíchání těsta se předem určené množství nadávkuje na pásový dopravník, kde se pomocí raznic a další technologie upravuje do požadovaného tvaru a velikosti. V kynárně upravené těsto za přítomnosti páry vykyne a jde do pece, kde se téměř dopeče. Z pece se posouvá do šokového zmrazovače, kde je mráz s teplotou okolo $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poté putuje do balící zóny, kde se jednotlivé druhy zabalí do krabic a v tomto stavu se dopraví do sekce HBW, což je sklad vysoký 38 m, ve kterém je teplota $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a upravená koncentrace kyslíku. Odtud pečivo putuje v kamionech do velkoobchodů a maloobchodů po celé České republice.

Podnik je akciovou společností, jejíž 100 % podíl má belgický vlastník. Roční produkce pečiva nyní přesahuje 70 000 tun. Co se týče spotřeby energie, největší náklady představuje elektřina, což je způsobeno náročným systémem chlazení pomocí čpavku, CO_2 a glykolu. Nejdůležitějšími spotřebiči plynu jsou plynové pece a kotle v kotelnách, které produkují teplo použité na vytápění, klimatizaci nebo ohřev teplé vody. Voda je nejmenší částí výdajů za energie a kvůli špatným plánům a rozbitým vodoměrům je těžké určit, která technologie spotřebuje vody nejvíce. Provoz podniku je nepřetržitý třisměnný. V budoucnu má firma v plánu stržení staré administrativní budovy a postavení nové a další rozšiřování podniku včetně výstavby nových výrobních hal.

Protože firma patří mezi velké podniky, její celková spotřeba energie přesahuje 35 000 GJ ročně a není zde zaveden systém managementu hospodaření s energií podle normy ČSN EN ISO 50001, je povinna nechat si zpracovat energetický audit, jehož výsledek byl zveřejněn v lednu 2017 (kapitola 3).



Obrázek 2 Pohled na pekárnu [vlastní foto]

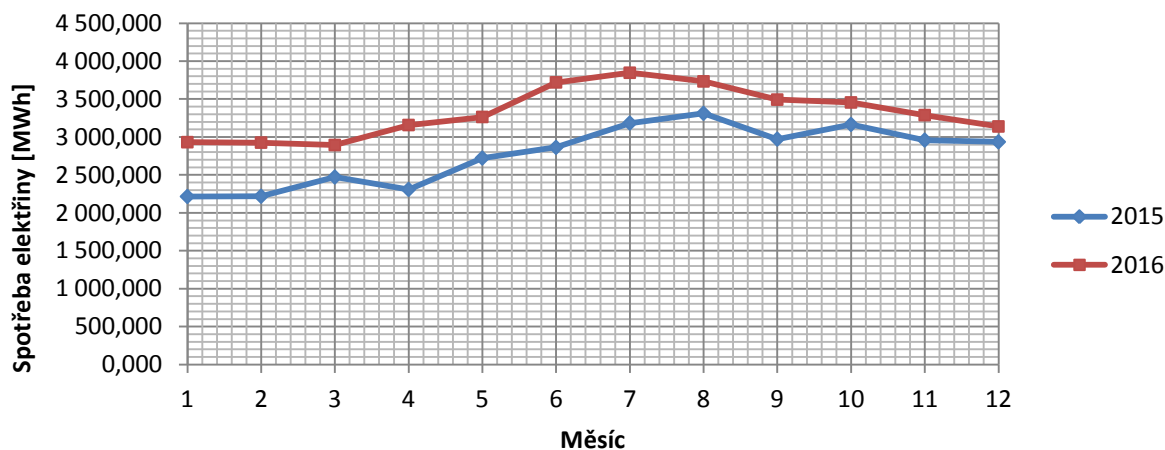
2.2. Základní energetické vstupy

2.2.1. Elektřina

Elektřina je do objektu přivedena pomocí dvou odběrných míst (OM) na hladině VN. Odběrné místo 1 napájí linky L1 – L4, P1 – P3, ruční výrobu, balicí zónu, strojovnu 1 a část strojovny 2, zatímco druhé odběrné místo napájí linky L6 – L9, část strojovny 2 a HBW (Příloha 1). Nutno dodat, že strojovna 2 byla v minulosti celá napájena z OM 1, kvůli vysokým špičkám během června 2015 byla přepojena na OM č. 2. V dubnu 2016 se podařilo přepojit strojovnu zpět na OM 1, v červnu se však situace opakovala a proto je strojovna 2 napájena ze dvou různých přípojinic. V Tabulce 1 je zaznamenána fakturovaná měsíční spotřeba elektřiny na obou OM během let 2015 a 2016, dřívější údaje nejsou k dispozici. Spotřeba je v roce 2015 nižší než v roce 2016, protože linky L7 – L9 a P3 začaly poprvé najíždět teprve ke konci roku 2015. V Grafu 1 je dobře vidět, že podnik spotřebovává nejvíce elektřiny během léta, což je způsobeno větší potřebou chlazení.

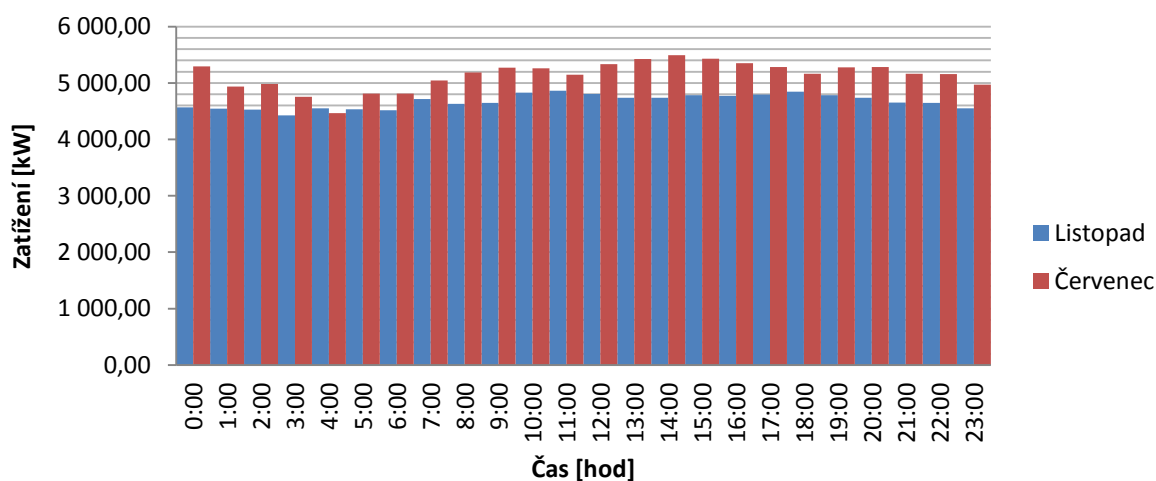
[MWh]	2015			2016		
	Odběrné místo		Celkem	Odběrné místo		Celkem
	1	2		1	2	
Leden	1 167,887	1 047,182	2 215,069	1 531,885	1 399,228	2 931,113
Únor	1 239,588	978,810	2 218,398	1 654,641	1 270,711	2 925,352
Březen	1 388,414	1 083,183	2 471,597	1 660,837	1 232,504	2 893,341
Duben	1 375,206	932,676	2 307,882	1 925,414	1 231,748	3 157,162
Květen	1 709,491	1 012,405	2 721,896	1 982,642	1 280,738	3 263,380
Červen	1 783,445	1 079,062	2 862,507	2 297,467	1 421,655	3 719,122
Červenec	1 727,452	1 455,413	3 182,865	2 032,083	1 814,282	3 846,365
Srpen	1 741,263	1 570,130	3 311,393	1 978,112	1 754,235	3 732,347
Září	1 682,381	1 288,615	2 970,996	1 859,801	1 632,222	3 492,023
Říjen	1 791,214	1 373,570	3 164,784	1 903,888	1 551,005	3 454,893
Listopad	1 686,701	1 271,858	2 958,559	1 825,779	1 462,326	3 288,105
Prosinec	1 514,996	1 419,781	2 934,777	1 712,873	1 425,455	3 138,328
Celkem			33 320,723			39 841,531

Tabulka 1 Spotřeba elektřiny po měsících [10]

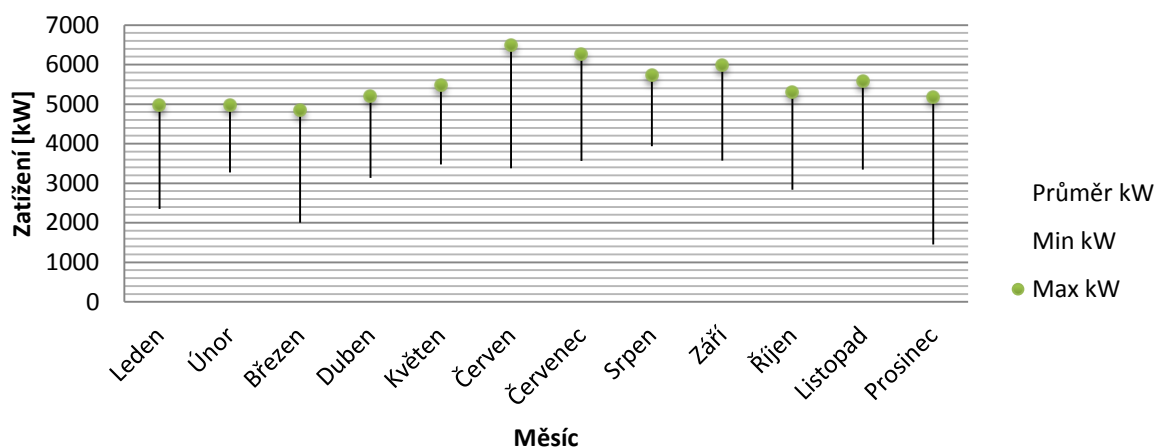


Graf 1 Vývoj měsíční spotřeby elektřiny v letech 2015 a 2016 [10]

Denní diagram zatížení byl zkonstruován na základě údajů o spotřebě z elektronického odečtu. Protože zatížení se během léta a zimy dost liší, v grafu jsou uvedeny dva typické dny, kdy byla pekárna v normálním chodu a žádná linka neměla odstavku. Letní spotřeba je charakterizována 3. červencem, zatímco zimní spotřebu představuje 27. listopad. Průměrné zimní zatížení je přibližně 4 700 kW, zatímco průměrná letní hodnota je nejméně o 400 kW vyšší. Letní odběr má navíc větší rozptyl hodnot, rozdíl mezi maximem a minimem činí 1 MW. To je způsobeno hlavně tím, že během dne dochází v odpoledních hodinách k vyhřátí areálu slunečním svitem a je tedy nutno dodávat více chladu ze strojoven. Kolem čtvrté hodiny ranní nastává v obou případech minimum zatížení, což může být způsobeno nějakými pravidelnými procesy ve výrobě. Na *Grafu 3* je zobrazeno minimální, maximální a průměrné zatížení celého podniku během roku 2016. Z grafu jsou vyňaty ty hodnoty, které nesouvisí s normálním stavem – výpadky proudu, přepojování strojovny atd. Maximální hodnoty během léta se pohybují se nad 6 MW. Naopak minimální zatížení bylo v prosinci (odstávka výroby během Vánočních svátků) a pohybovalo se okolo 1,5 MW. Průměrné hodnoty jsou v rozmezí 3,5 – 5,2 MW. [11]



Graf 2 Denní diagram zatížení v typických dnech [11]



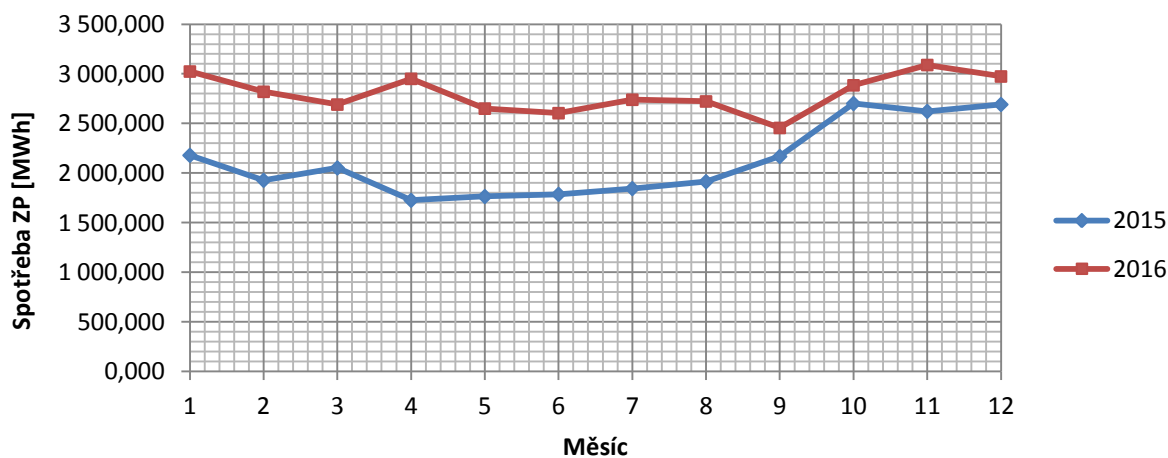
Graf 3 Hodnoty minimálního a maximálního zatížení během roku [11]

2.2.2. Zemní plyn

Plynovod je zaveden do redukční stanice, kde se nachází fakturační měřidlo, které spotřebu přepočítává podle tlaku a teploty. Probíhá zde měření typu A. Plyn je dále rozveden ve větvích A, B, C a D dále po podniku. Větev A obsluhuje linky L6 – L9 a kotelnu 6, větev B dodává plyn ubytovně, která se nachází vedle areálu pekárny, větev C se vztahuje k pecím L1, L2 a kotelně 1 a ve větvi D proudí plyn k linkám L3, L4, ruční výrobě a kotelnám 2, 3 a 4. Linky P1 a P2 nemají pece, přívod plynu tedy nepotřebují. V *Tabulce 2* je zachycen vývoj spotřeby v m³ a MWh v letech 2015 a 2016. Stejně jako spotřeba elektřiny je i spotřeba plynu vyšší v roce 2016 kvůli výrobě na nových linkách. Na rozdíl od elektřiny je však zemní plyn více spotřebováván v zimním období kvůli vytápění administrativní budovy a dalších prostor.

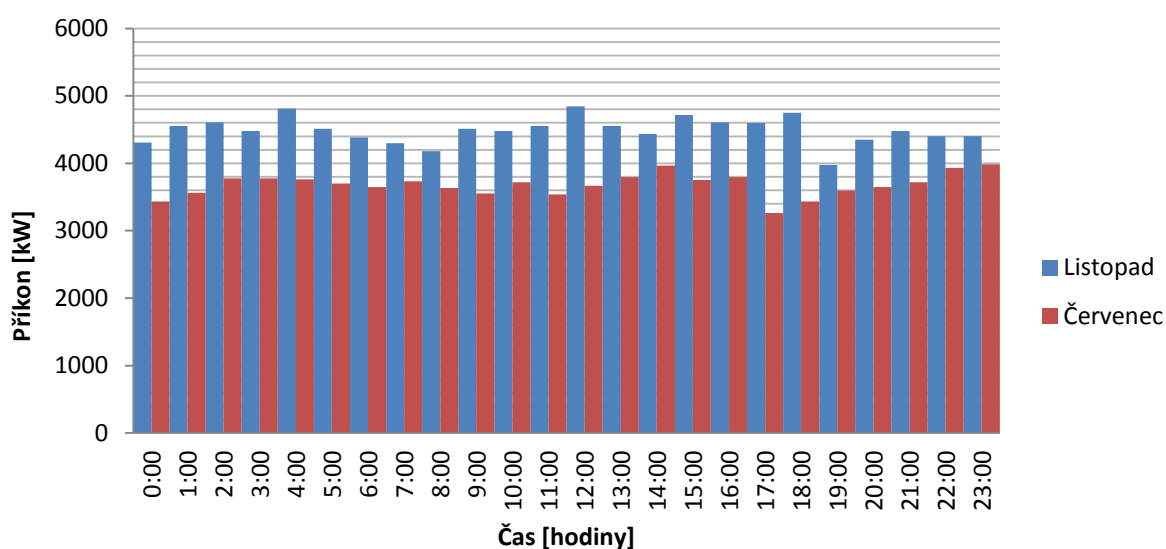
	2015		2016	
	m3	MWh	m3	MWh
Leden	205 486	2 179,328	284 027	3 024,172
Únor	181 668	1 927,325	264 638	2 819,796
Březen	193 307	2 052,024	251 823	2 691,107
Duben	162 357	1 726,018	275 682	2 950,461
Květen	164 914	1 764,171	246 900	2 650,027
Červen	166 968	1 786,246	241 790	2 604,385
Červenec	172 698	1 843,908	255 646	2 739,600
Srpen	178 860	1 913,643	254 617	2 722,471
Září	202 774	2 167,784	229 211	2 455,353
Říjen	253 126	2 701,309	270 624	2 885,226
Listopad	246 667	2 622,045	290 347	3 089,864
Prosinec	253 352	2 691,721	278 774	2 974,124
Celkem	2 382 177	25 375,522	3 144 079	33 606,586

Tabulka 2 Spotřeba zemního plynu po měsících [10]



Graf 4 Vývoj měsíční spotřeby zemního plynu v letech 2015 a 2016 [10]

Ve výrobě se nachází celkem 9 plynových pecí s celkovým instalovaným tepelným výkonem 6,22 MW, dalších 4,8 MW by mělo být instalováno v kotelnách a v ostatních prostorách. Odebírané množství zemního plynu se v letních a zimních měsících přirozeně liší kvůli potřebě vytápění objektu. Denní rezervovaná kapacita má hodnotu 12 tisíc m³/den, k maximálnímu dennímu odběru došlo 13. listopadu a činil 10 917 m³. Pokud by byly kotle v kotelnách 3 a 6 vytíženy 24 hodin na 100 % při normálním chodu výroby, k překročení kapacity by s největší pravděpodobností došlo. Protože ale kotle běžně pracují na 30 – 70 %, byl by tento stav opravdu výjimečný. Podle mého názoru je tedy současná hodnota denní rezervované kapacity určena rozumně, protože počítá s dostatečnou rezervou, která respektuje možné nižší teploty během topného období a tedy větší nutnost topit. Minimální okamžitý odběr byl 14. září s přibližnou hodnotou 2 650 kW a k nejvyššímu odběru došlo 9. listopadu s hodnotou 4 770 kW. Hodnoty jsou přepočítané přes spalné teplo, jehož přesná velikost je pro jednotlivé dny uvedena na faktuře. Je třeba pamatovat, že uvedené údaje jsou ovlivněny účinností spalovacích zařízení. [10] [11]



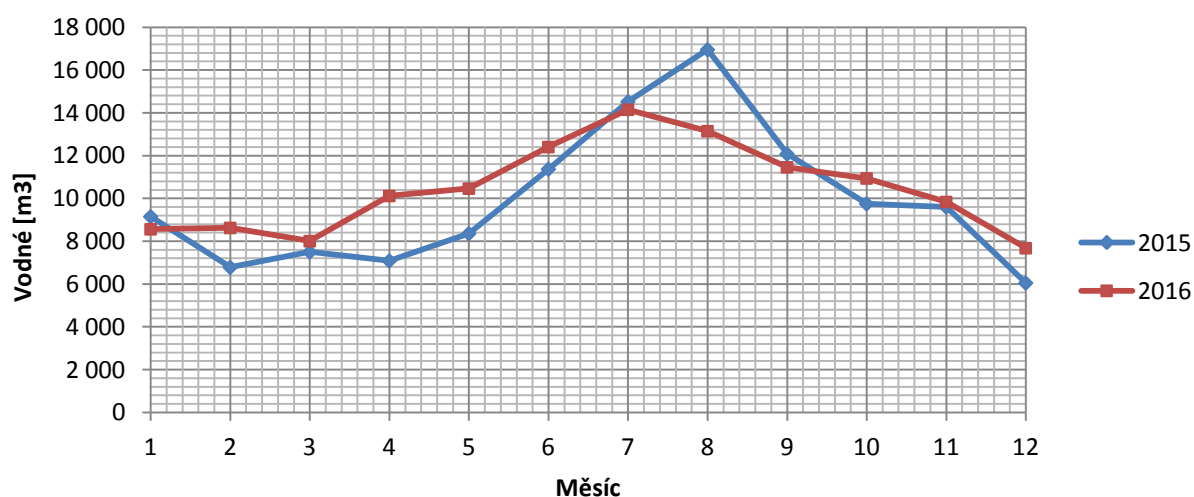
Graf 5 Příkon v palivu v typických dnech [11]

2.2.3. Voda

Voda se v podniku spotřebovává kromě sociálních zařízení také na výrobu výrobků, mytí technologie nebo na výrobu chladicí vody do strojoven. Předpokládám, že právě strojovny jsou největšími spotřebiči vody. Vodné se určuje odečítáním z fakturačního měřidla, zatímco stočné se stanovuje výpočtem a obsahuje také tzv. srážkovné, které závisí na zastavěné ploše objektu. Jak je vidět v *Grafu 6* spotřeba vody je největší během léta a v roce 2015 dokonce převyšuje hodnoty z roku 2016. To by mohlo být způsobeno např. instalací nové úspornější chladicí technologie do strojoven. Špička se objevuje v létě a je zřejmě způsobena zvýšenou spotřebou chladicí vody.

m3	2015			2016		
	Vodné	Stočné	Celkem	Vodné	Stočné	Celkem
Leden	9 155	8 609,98	17 765	8 564	8 033,18	16 597
Únor	6 782	6 409,79	13 192	8 626	8 241,55	16 868
Březen	7 500	7 101,21	14 601	8 009	7 611,30	15 620
Duben	7 087	6 688,21	13 775	10 119	9 694,78	19 814
Květen	8 362	7 949,91	16 312	10 463	10 065,30	20 528
Červen	11 371	10 972,21	22 343	12 406	12 008,30	24 414
Červenec	14 521	14 122,21	28 643	14 150	13 739,04	27 889
Srpen	16 955	16 596,08	33 551	13 149	12 738,04	25 887
Září	12 080	11 628,03	23 708	11 460	11 075,55	22 536
Říjen	9 751	9 352,21	19 103	10 938	10 513,78	21 452
Listopad	9 604	9 178,62	18 783	9 839	9 441,30	19 280
Prosinec	6 051	5 758,55	11 810	7 680	7 348,58	15 029
Celkem	119 219	114 367,00	233 586	125 403	120 510,68	245 914

Tabulka 3 Spotřeba vody po měsících [10]



Graf 6 Vývoj měsíční spotřeby vody v letech 2015 a 2016 [10]

2.3. Monitorování spotřeby a definice technologických celků

Během let 2015 a 2016 bylo po celém areálu strategicky rozmístěno celkem 61 elektroměrů, 42 plynoměrů a 11 vodoměrů. Do konce roku 2015 probíhaly ruční odečty pravidelně každé pondělí, poté byl zprovozněn dálkový odečet (DO) a server, na kterém lze vyhledat spotřeby na všech měřacích za zvolené období, trendy spotřeb, aktuální odebírané zatížení a další užitečné informace.

Rozmístění měřičů však pro zjišťování možností energetických úspor nestačí. V *Příloze 1* je uvedeno blokové schéma elektrického zapojení podniku. Je vidět, že jeden elektroměr může měřit více linek (např. elektroměr E006 měří linku L1 i L2) a také chlazení ve strojně a výroba tepla v kotelnách je pro některé linky společné. Aby tedy bylo možné co nejpřesněji určit, kolik elektřiny a plynu připadá na danou linku, vytvořila jsem následující postup, kterým definuji technologické celky. Tento výpočet je založen na vytvoření standardní spotřeby linek z individuálních elektroměrů a měsíčních aritmetických průměrů z roku 2015 (resp. údajů, které jsou k dispozici) a na vypočítání koeficientu, který udává, jak moc byla linka v daném období zatížena. U elektřiny jsou ještě respektovány výkony zmrazovačů. Vzniklé vzorce byly implementovány na server a v praxi se využijí tak, že díky nim bude možné efektivněji tvořit rozpočet pro jednotlivá výrobní střediska nebo lépe rozpočítávat dohadné položky za energie.

Při rozpočítávání spotřeby elektřiny a plynu na jednotlivá účetní střediska podle tohoto klíčování bylo zjištěno, že v některých případech se výsledky liší od původního postupu až o 20 %. Protože původní postup byl založen na hrubých odhadech, je možné současný způsob považovat za věrohodnější. Klíčování je ovlivněno nejistotami měření typu B a existuje zde riziko výpadku elektronického odečtu a tím ztráty dat. Minimalizaci tohoto rizika má na starost firma provozující server dálkového odečtu, nicméně je třeba výstupy ze serveru pravidelně sledovat.

V následujících podkapitolách je celý podnik rozdělen na menší technologické celky a pomocí vzorců je vysvětlen výpočet spotřeby energie. Vysvětlení logiky výpočtu považuji za důležité, protože pomocí konečných výsledků zobrazených v serveru DO rozkládám strukturu spotřeby elektřiny a plynu a poté na základě toho navrhuji možná úsporná opatření.

2.3.1. Výroba

Celek Výroba zahrnuje všechny linky na slané i sladké pečivo. Postup určení koeficientu, který respektuje jejich vytížení v zadaném časovém intervalu, je vysvětlen zde:

Linka	Individuální elektroměry	Standardní spotřeba elektřiny [kWh]	Koeficient	Vzorec pro určení koeficientu v zadaném čase
L1	E007 + E008	76	kL1 =	$(E007+E008)/(76*t[h])$
L2	E009+E010	64	kL2 =	$(E009+E010)/(64*t[h])$
L3	E041+E042	158	kL3 =	$(E041+E042)/(158*t[h])$
L4	E043	73	kL4 =	$(E043)/(73*t[h])$
L6	E096+E097	181	kL6 =	$(E096+E097)/(181*t[h])$
L7	E090+E092	213	kL7 =	$(E090+E092)/(213*t[h])$
L8	E091+E094	170	kL8 =	$(E091+E094)/(170*t[h])$
L9	E095	203	kL9 =	$(E095)/(203*t[h])$
P1	E027/2	211	kP1 =	$(E027/2)/(211*t[h])$
P2	E027/2	211	kP2 =	$(E027/2)/(211*t[h])$
P3	E123	53	kP3 =	$(E123)/(53*t[h])$
Ruční výroba	E046	105	kD =	$(E046)/(105*t[h])$

Tabulka 4 Určení koeficientu pro rozpočítání spotřeby energie mezi linky

Kde:

$t [h]$... Časový interval v hodinách, za který má být spotřeba spočítána

Výsledné vzorce pro určení spotřeby elektřiny mají tento tvar:

$$\text{Spotřeba linka } Aa = \sum E_{xyz} + kAa * \left(\sum \frac{Espl}{\sum k_i} + bAa * \frac{Estr}{\sum b_j * k_i} \right) + Údr$$

Kde:

Aa ... Označení linky (L1, L2, P1, ...)

$\sum E_{xyz}$... Suma spotřeb na individuálních elektroměrech linky

kAa ... Koeficient dané linky (kL1, kL2, kP1, ...)

$Espl$... Spotřeba na společných elektroměrech (např. E006, E040, E093, ...)

$\sum k_i$... Součet koeficientů těch celků, ke kterým se spotřeba daného elektroměru $Espl$ nebo $Estr$ vztahuje (celky Administrativa a Balicí zóna mají hodnotu 1)

bAa ... Konstanta linky Aa vzniklá z poměru výkonu spotřebičů dané linky (viz Příloha 2a.)

$Estr$... Spotřeba příslušných strojoven (E038, E025, E026)

b_j ... Konstanty všech linek (vztahujících se k dané strojovně) vzniklé z poměru výkonu spotřebičů

Údr ... Podíl údržby = $(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$

Např. kompletní vzorec pro linku L1 vypadá takto:

Linka L1 elektřina = $E007 + E008$

$$+kL1 * \left(\frac{E040}{kL1 + kL2 + kL3 + kL4 + 1} + \frac{E006}{kL1 + kL2} + 1,6 \right) \\ * \frac{E038}{1,6 * kL1 + 2,07 * kL2 + 2,9 * kL3 + kL4 + 2,77 * kP3 + 1,09 * kD} \\ + \frac{(E039 - E040 - E041 - E042 - E043 - E044 - E046 - E123)}{12}$$

Vzorce na rozpočítání spotřeby zemního plynu jsou o něco jednodušší:

$$\text{Spotřeba linka Aa} = Gxyz + kAa * \left(\sum \frac{Gste}{\sum k_i} + \sum \frac{Gboi}{\sum k_i} \right)$$

Kde:

$Gxyz$... Polynoměr měřící spotřebu pece linky Aa (např. G083, G084, ...)

kAa ... Koeficient dané linky ($kL1, kL2, kP1, \dots$)

$Gste$... Polynoměr měřící spotřebu plynu na výrobu páry (G120, G121, ...)

$Gboi$... Polynoměr měřící spotřebu plynu na výrobu tepla z kotlů (G004, G005)

$\sum k_i$... Součet koeficientů těch celků, ke kterým se spotřeba daného polynoměru vztahuje (celky Administrativa a Balicí zóna mají hodnotu 1)

Výjimkou je rozpočítání spotřeby kotlů v kotelně 6, kdy se člen $\sum(Gboi/\sum k)$ nahradí výrazem $p*(G021+G051+G052)$. Člen p je odhadem určený podíl vyrobeného tepla vztažený na příslušnou linku (viz kapitola 0).

Např. kompletní vzorec pro linku L1 vypadá takto:

$$\text{Linka L1 plyn} = G083 + kL1 * \left(\frac{G004 + G005}{kL1 + kL2 + kL3 + kL4 + kP3} + \frac{G120 + G121}{kL1 + kL2 + kL3 + kL4 + kP3 + 1} \right)$$

A pro linku L6 takto:

$$\text{Linka L6 plyn} = G067 + kL6 * \frac{G022 + G023}{kL6 + kL7 + kL8 + kL9 + kP1} + 0,165 * (G021 + G051 + G052)$$

Všechny vytvořené vzorce lze najít v Příloze 3.

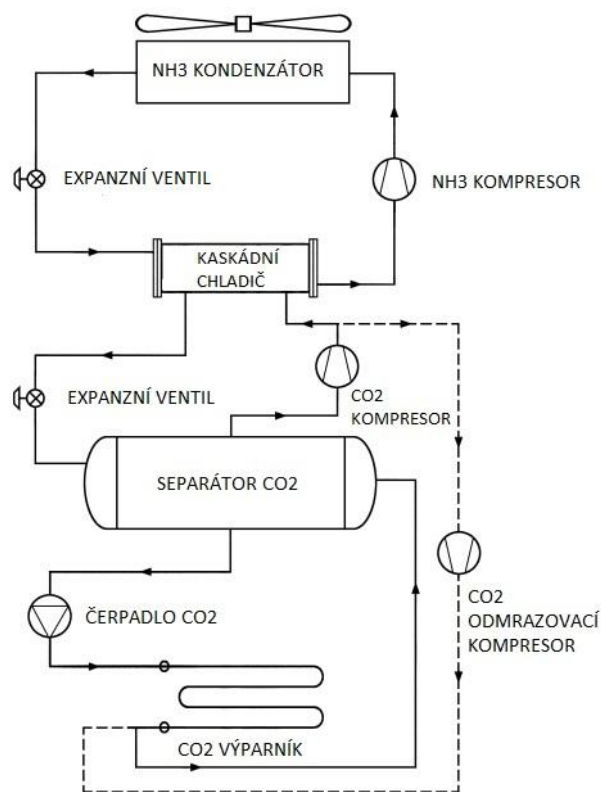
2.3.2. Strojovny

Princip chlazení je založen na výměně tepla mezi čpavkem a CO₂ nebo monpropylynglykolem (MPG). Čpavek je bezbarvý páchnoucí plyn, který má při tlaku 101,3 kPa teplotu varu -33 °C, zatímco oxid uhličitý je látka schopná sublimace při teplotě -78 °C. MPG je bezbarvá kapalina, která má při normálním tlaku bod varu 190 °C a bod tuhnutí -68 °C. Čpavek je používán jako chladivo, který ve výměnících může ochlazovat jak oxid uhličitý, tak glykol. Jeho nevýhodou je toxicita a výbušnost. Oxid uhličitý je dobře dostupná látka, jejíž nevýhodou je práce při vyšších tlacích. Propylynglykol se běžně používá do nemrzoucích směsí a vhodným ředěním s vodou lze dosáhnout požadované teploty tuhnutí.[12][13][14]

Čpavkový okruh je složen z kompresoru, kondenzátoru, sběrače a kaskádního chladiče. Do kompresoru vstupuje čpavková pára o nízkém tlaku, na výstupu je pak tlak i teplota plynu několikanásobně vyšší. V kondenzátoru je pára zchlazena ledovou vodou a vzniklý zkapalněný čpavek putuje do sběrače. Mezi sběračem a chladičem se nachází expanzní ventil a kapalný čpavek se tak změní v mokrou páru. Kaskádní chladič je tepelným výměníkem, do kterého kromě čpavku vstupuje i CO₂ o vyšší teplotě a tím dojde k tomu, že se NH₃ začne odpařovat a CO₂ kondenzovat. Páry jdou poté do kompresoru a proces se opakuje. Výhodou tohoto způsobu je, že v porovnání s konvenčním použitím čpavku jako chladiva se zde používá mnohem menší množství této látky, což je výhodnější jak z ekonomického, tak bezpečnostního hlediska.

Do okruhu oxidu uhličitého patří kompresor, kaskádní chladič, separátor a čerpadla. Poté, co se v kaskádním chladiči oxid uhličitý zchladí a zkondenzuje, dorazí přes expanzní ventil do separátoru. Kapalina je přivedena do zmrazovače, kde se v důsledku změny tlaku změní skupenství a vzniklý plyn je odveden zpět do separátoru. Odtud je přiveden do kompresoru, který provede jeho stlačení a odvede zpět do kaskádního chladiče, kde je ochlazen. Důležitou součástí je i odmrazovací kompresor, který během procesu odmrazování dodává do zmrazovače páry o vysoké teplotě. Okruh CO₂ pracuje při mnohem vyšších tlacích, než okruh čpavku. Typický tlak v kaskádním chladiči je při teplotě -30 °C u čpavku přibližně 240 kPa, zatímco u oxidu uhličitého až 1,6 MPa. Popsaný princip je uveden na *Obrázku 3* Na obrázku není zakresleno olejové hospodářství kompresorů.

Z kaskádního chladiče je dále vyvedeno čpavkové potrubí do výměníků čpavek – glykol. Do výměníku vstupuje NH₃ v plynném stavu o teplotě -10 °C a po předání tepla (resp. chladu) je odveden při té samé teplotě v kapalném skupenství do sběrače. Teplota MPG není nikdy menší, než -10 °C a vždy pracuje v kapalném skupenství. Na rozdíl od oxidu uhličitého je glykolové hospodářství více finančně náročné, ale není nutné pracovat při tak vysokých tlacích. [15]



Obrázek 3 Princip chlazení NH_3/CO_2 (přeloženo z [15])

Strojovna 1

Zařízení	Počet [ks]	Teplota v okruhu [°C]	Chladicí výkon [kW]	Elektrický příkon [kW]	Rok výroby	Elektroměr	Chlazené prostory
Čpavkový kompresor	2	-12	2 x 1395	2x 450	2016	E038	Linky L1 až L4, P1, P3, Ruční výroba
Kompresor CO_2	2	-40	2 x 938	2 x 355	2016		

Tabulka 5 Strojovna S1 [16]

Dlouhodobým sledováním bylo zjištěno, že právě tato strojovna je kvůli nájezdu kompresorů ve většině případů zodpovědná za špičky, které se objevují při sledování čtvrtročních maxim. Kompresory jsou vybavené frekvenčními měniči a jsou řízeny nadřazenými řídicími mechanismy. Po konzultaci s hlavním strojníkem jsem došla k názoru, že chod kompresorů již nelze nijak pozitivně ovlivnit a protože se strojovna bude během 5 let předělávat z důvodu rozšiřování podniku, případné investice by ani neměly ekonomický smysl. Proto bych pouze doporučila, aby se šokové zmrazovače

linek po odstávkách zamrazovaly postupně a ne naráz pro více linek. Delší doba nájezdu kompresorů (a tedy rozložení odebírané energie do delšího časového intervalu při eliminaci špičky) není prakticky možná kvůli plánování výroby – pro zachování množství produkce by bylo nutné zkrátit časy odmrazování a úklidu linek a vznikaly by tím prostoje v řádu hodin. Používá se zde výroba chladu pomocí NH₃/CO₂. [17]

Strojovna 2

Zařízení	Počet [ks]	Teplota v okruhu [°C]	Chladicí výkon [kW]	Elektrický příkon [kW]	Rok výroby	Elektroměr	Chlazené prostory
Čpavkový kompresor	9	-15/-12	2 x 190 2 x 872 1 x 1169 1 x 856 2 x 698 1 x 1395	2 x 75 3 x 315 1 x 250 1 x 355 2 x 200	2005, 2007, 2011, 2014	E025 a E026	Linky L6 až L9, P1, P2, Balící zóna
Kompresor CO ₂	4	-40	2 x 562 2 x 745	2 x 160 2 x 230	2007 2011		

Tabulka 6 Strojovna 2 [16]

Strojovna 3

Zařízení	Počet [ks]	Teplota v okruhu [°C]	Chladicí výkon [kW]	Elektrický příkon [kW]	Rok výroby	Elektroměr	Chlazené prostory
Čpavkový kompresor	3	-12	3 x 872	3 x 355	2012	E103	HBW
Kompresor CO ₂	2	-40	2 x 938	2 x 355	2012		

Tabulka 7 Strojovna 3 [16]

Schéma zdrojů a spotřebičů chladu lze nalézt v *Příloze 4*. Ve strojovnách jsou taková propojení, které umožňují různá vzájemná fungování kompresorů, a některé prostory lze ve výjimečných případech napájet z jiné strojovny, než je primárně určeno.

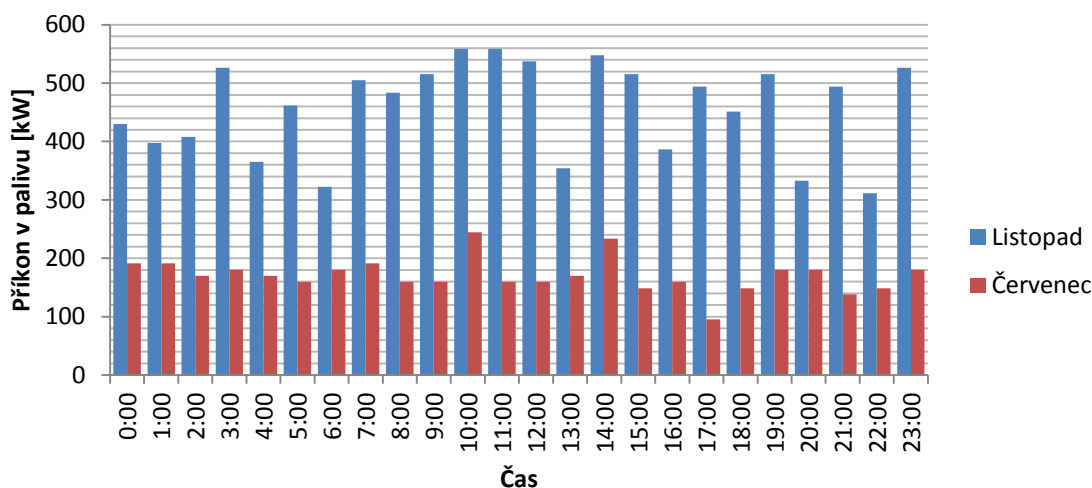
2.3.3. Kotelny

Protože elektrická část kotelen je napojena na různých rozvaděčích v podniku, není možné jednoduše určit jejich spotřebu elektřiny, kterou zajišťují čerpadla, měřicí a regulační mechanismy a další technologie. Spotřeba plynu se sleduje v těchto kotelnách:

Číslo kotelny	Zařízení	Počet [ks]	Tepelný výkon [kW]	Plynoměr	Použití	Maximální měsíční spotřeba [m3]
1	Bojlery	2	2 x 60	G063	Vytápění administrativy, TUV	758
2	Kotel pro termoolej	1	1 x 300	G082	Linka P3	5 565
3	Kotel	2	2 x 150	G120, G121	Linky L1 až L4, P3, TUV	22 306
	Parní vyvíječ	2	2 x 460	G005, G004		
4	Kotel	1	1 x 200	G054	Ruční výroba	1 891
6	Kotel	3	3 x 350	G021, G051, G052	Linky L6 až L9, P1, P2, balicí zóna, administrativa	70 114
	Parní vyvíječ	2	2 x 580	G022, G023		

Tabulka 8 Zařízení v kotelnách [16]

Největším zdrojem tepla je kotelna 6. Její denní diagram zatížení je uveden na *Grafu 7* a popisuje rozdíl mezi využitím kotlů v zimě a v létě. Zatímco v létě pracuje pouze 1 kotel na přibližně poloviční zatížení, během zimy se postupně zapojují všechny 3. Jejich výkon je řízen automatickými regulátory. Ke špičkám dochází během dopoledních hodin, kdy je potřeba vytápet zejména administrativní budovu. Je třeba si uvědomit, že uvedené hodnoty spotřeby a zatížení jsou ovlivněny účinnostmi kotlů. Rozpočítání celkového výkonu do jednotlivých technologických celků s ohledem na soudobost bylo provedeno odhadem pracovníkem údržby a je uvedeno v *Příloze 2b*. Do této kotelny jsou také zavedeny rekuperační výměníky, které rekuperují teplo získané z výtlačné páry kompresorů ve strojovně 2. [11] [16][18]



Graf 7 Denní diagram zatížení kotlů 3x350 kW v kotelně 6 během typických dnů [11]

2.3.4. Ostatní

Stlačený vzduch se v provozu používá pro různé výrobní procesy, jako je např. pneumatická doprava mouky ze sil, a jeho hlavními zdroji jsou 4 kompresory značky Atlas Copco. Tyto kompresory jsou řízeny pomocí frekvenčních měničů a jejich průměrná měsíční spotřeba elektřiny je 73 MWh, což činí přibližně 2 % z celkové spotřeby podniku. Tato spotřeba je dána součtem elektroměrů E064 a E065. Rozvody stlačeného vzduchu nejsou podrobně zmapovány. [11][16]

Centrální *balicí zóna* je prostor, kde se sbíhá produkce z šesti linek a balí se pomocí baliček a ovinovaček do krabic. Protože sem vstupuje již zamražené pečivo, je třeba prostor chladit. Chlazení zajišťuje strojovna 2. Vzorce pro určení spotřeby elektřiny a plynu se stanoví stejným způsobem, jako to bylo u výroby a jsou uvedeny v *Příloze 2*.

High Bay (HBW) je velký mrazicí box, do kterého putuje zabalené pečivo v krabicích a pomocí zakladačů se zakládá do příslušných polic. Tento celek je velmi náročný na chlazení, protože se v něm musí udržovat stálá teplota mezi -23°C a -19 °C. Chlad zajišťuje strojovna 3. Spotřeba elektřiny se určí jako součet elektroměrů E102 a E103 minus elektroměr E058. Nenachází se zde žádný spotřebič zemního plynu.

Administrativou je myšlena administrativní budova, šatny, sprchy a další zázemí pro zaměstnance. Podíl administrativy na celkové spotřebě elektřiny je velmi malý. Vzorce vypadají takto:

$$\text{Elektřina} = \frac{E040}{kL1+kL2+kL3+kL4+1} + E011 - E006 - E007 - E008 - E009 - E010 - E057 + E060$$

$$\text{Plyn} = 0,18 * (G021 + G051 + G052) + \frac{G120+G121}{kL1+kL2+kL3+kL4+kP3+1} + G059 + G063$$

2.4. Struktura spotřeby a energetická bilance

2.4.1. Elektřina

Elektrické ztráty

V podniku vznikají elektrické ztráty na těchto místech:

- V transformátorech
- V rozvodech elektřiny
- Ve spotřebičích

Ztráty v transformátorech se dělí na ztráty naprázdno P_0 , které nezávisí na zatížení a jsou způsobeny hysterezními ztrátami a vířivými proudy v magnetickém obvodu, a ztráty nakrátko P_{kn} , které jsou proměnné se zatížením a způsobují je Joulovy ztráty v měděném vinutí. Vzorec (1) vyjadřuje ztracenou energii v transformátoru o běžném jmenovitém výkonu, pro transformátory s velkým jmenovitým výkonem (desítky MVA a větší) je třeba započítat i jalové ztráty. [19]

$$W_z = P_0 * T_p + P_{kn} * T_z * \left(\frac{S_m}{S_n}\right)^2 \quad [kWh] \quad (1)$$

Kde:

P_0 ... ztráty naprázdno [kW]

P_{kn} ... ztráty nakrátko [kW]

T_p ... doba provozu transformátoru [hod]

T_z ... doba plných ztrát, $T_z = \left[0,2 * \frac{T_m}{T} + 0,8 * \left(\frac{T_m}{T}\right)^2\right] * T$, [hod]

T_m ... doba využití maxima, $T_m = \frac{W_t}{P_m}$, [hod]

S_m ... maximální přenášený výkon [kVA]

S_n ... jmenovitý výkon transformátoru [kVA]

Pro výpočet ztrát v podniku budu uvažovat s devíti hlavními napájecími transformátory 22/0,4 kV o různém jmenovitém výkonu. Schéma napájení podniku těmito zdroji je v *Příloze 1* a jejich základní parametry s vypočtenými ročními ztrátami podle vzorce (1) jsou v *Tabulce 9*. Při výpočtu jsem uvažovala s dobou provozu 8760 hodin a účinníkem $\cos\varphi = 0,98$.

Označení	S_n [kVA]	P_0 [kW]	P_k [kW]	W_z [MWh]	Účinnost
T3	630	0,9	6,5	23,1	99,1%
T4	1600	2,2	17,0	35,0	99,2%
T5	1600	2,2	17,0	37,3	99,2%
T6	1600	3,1	13,5	48,8	99,1%
T7	1600	3,1	13,5	38,8	99,1%
T8	1250	2,0	13,5	22,6	98,9%
T9	1600	2,2	20,0	67,2	99,0%
T10	1600	2,2	13,0	26,7	99,1%
T11	1600	2,2	20,0	61,5	99,0%

Tabulka 9 Ztráty v transformátorech [11] [20][21][22][23][vlastní výpočet]

Zaujalo mě, že transformátory T6 a T7, které jsou jako jediné chlazeny vzduchem, mají největší ztráty naprázdno a naopak menší ztráty nakrátko, než olejové transformátory stejného jmenovitého výkonu. Nejvíce energie se ztratilo v transformátoru T9 (67,2 MWh), ačkoli jeho účinnost dosahuje 99 %. To je způsobeno největším množstvím přenesené energie. Nejméně energie se ztratilo v transformátoru T8, ačkoli jeho účinnost je nejmenší (98,9 %). Tato účinnost může být důsledkem malého využití trafů během roku (maximální využití pouze 28 %). Větší výkonové rezervy jsou také na trafech T4 a T7 (zde je maximální využití 45 – 46 %). Ztráty v transformátorech byly v roce 2016 celkem 360,8 MWh, což představuje přibližně 0,9 % z celkové spotřeby podniku. Odhaduji, že roční náklady na tyto ztráty budou při současných cenách větší, jak půl milionu korun. Účinnosti transformátorů považuji za vyhovující. Přepojení výkonu z málo zatíženého trafu T8 na vedlejší trafo T9 by nebylo efektivní, protože by vzniklo velké riziko přetížení T9 a ke snížení ztrát by stejně nedošlo kvůli energetické charakteristice transformátoru. Náhrada T8 o jmenovitém výkonu 1250 kVA za transformátor o menším jmenovitém výkonu (např. za stejný typ jako je T3) by sice přineslo snížení ztrát ve výši setin procent, ale byla by zde dlouhá doba návratnosti.

Ztráty v rozvodech elektřiny: Mezi základní parametry elektrického vedení patří činný odpor [Ω], induktivní reaktance [Ω], svod [S] a kapacitní admitance [S]. Při řešení sítí nízkého napětí se projevuje pouze činný odpor, který je závislý na délce vedení, průřezu vodiče a jeho materiálu. Při průchodu střídavého proudu v trojfázové síti vzniká na činném odporu úbytek napětí ΔU (vzorec (2)) a činné ztráty podle vzorce (3). V síti vysokého napětí se již začne projevovat induktivní reaktance, která způsobí další úbytek napětí. [24]

$$\Delta U = \sqrt{3} * R * I * \cos\varphi \quad [V] \quad (2)$$

$$P_{ztr} = 3 * R * I^2 = 3 * \rho * \frac{l}{s} * \left(\frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi} \right)^2 = \rho * \frac{l}{s} * \left(\frac{P}{U * \cos\varphi} \right)^2 \quad [W] \quad (3)$$

Kde:

ρ ... měrný odpor vodiče [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$]

l ... délka vedení [m]

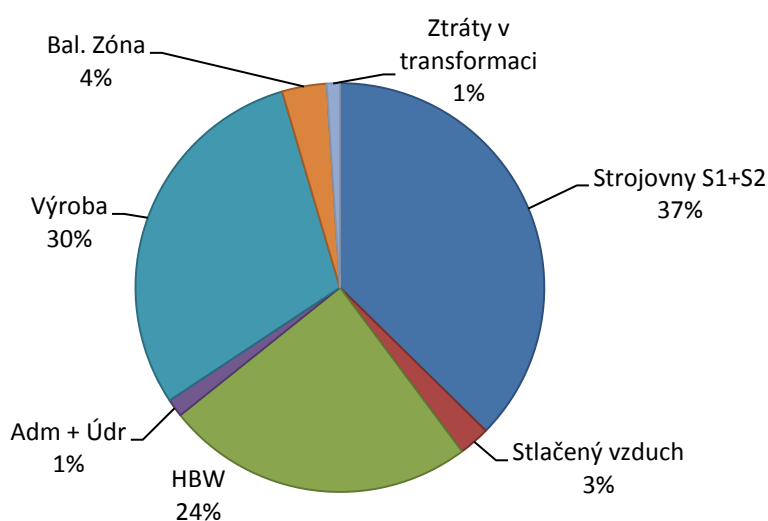
s ... průřez vodiče [mm^2]

P ... předášený výkon [W]

V pekárně se všechny vnitřní rozvody dějí na hladině nn a vodiče jsou z hliníku. Rozvody jsou třífázové nebo jednofázové a jejich délka je neznámá. Venkovní kabelové vedení vysokého napětí je převážně hliníkové o neznámých průřezech, jeho délku také nebylo možné dohledat. Odhaduji, že ztráty v elektrických rozvodech budou mnohem menší, než ztráty v transformátorech a vzhledem k nedostatku informací je nelze konkrétně vyčíslit.

Ztráty ve spotřebičích vznikají zejména v točivých strojích, které se nacházejí ve výrobě, ve strojovnách, kompresorovně i v kotelnách. Ve strojovnách je potřebný příkon největší, předpokládám tedy, že zde budou největší i ztráty. Ve výrobě se k pohonu dopravníků a dalších zařízení používají asynchronní motory, které sice mají malý výkon (do 1 kW), ale je jich v areálu velký počet a tudíž ztráty zde vnikající také nelze zanedbat. Možnost výměny motorů u linky s velkou měrnou spotřebou elektřiny je diskutována níže. V neposlední řadě bych se měla zmínit o osvětlení, které používá neúspěšně klasické žárovky.

Celková spotřeba elektřiny v podniku



Graf 8 Struktura spotřeby elektřiny v roce 2016 [11]

Při pohledu na *Graf 8* mohu říct, že největší podíl na spotřebě elektřiny za celý rok 2016 měly strojovny S1 a S2 a výroba, celkem se jedná o 67 %. Dalším důležitým spotřebičem je mrazicí sklad HBW (včetně strojovny S3), kde se spotřebovalo 24 %. Centrální balicí zóna spotřebovuje přibližně o 1 % více elektřiny, než výroba stlačeného vzduchu. Administrativa a Údržba spotřebují nejméně elektřiny a jejich spotřeba je vůči ostatním celkům zanedbatelná, případná provedená opatření by měla nejmenší dopad na celkové hospodářství. Ztráty v transformaci činí také přibližně 1 %.

Největší potenciál úspor vidím ve výrobě, kde by se mohlo ušetřit výměnou původního osvětlení za LED zářivky (kapitola 4) a bylo by také vhodné zjistit, zda některá linka nemá měrnou spotřebu vztahenou na tunu výrobku výrazně vyšší, než ostatní linky. To by pak mohlo indikovat používání nevhodných strojů, například asynchronních motorů. Nasazení frekvenčních měničů na tyto motory by nebylo efektivní, protože se od nich požaduje chod o navržených konstantních otáčkách.

Pokud bych chtěla porovnat spotřebu elektřiny v jednotlivých strojovnách, zjistím, že nejvíce je zatížená strojovna S2, ve které je celkem 9 čpavkových kompresorů a 4 kompresory CO₂. Žádný z těchto kompresorů nebyl vyroben před rokem 2005, všechny jsou vybavené frekvenčními měniči. Potenciál úspor elektrické energie ve strojovnách nevidím, pro plánované rozšiřování podniku bych ale ráda zjistila, zda by se vyplatila instalace trigenerační jednotky pro chlazení daného prostoru nebo plynového tepelného čerpadla pro výrobu ledové vody (kapitola 4). [11] [16]

Měrná spotřeba elektřiny

	Linka	Průměr [kWh/t]
BAKERY	L1	280
	L2	328
	L3	392
	L4	291
	L6	196
	L7	347
	L8	276
	L9	404
	PASTRY	P1
P2		342
P3		785
Ruční		990
Ruční - Muffiny		761

Tabulka 10 Měrná spotřeba elektřiny v roce 2016 – průměr [11][25]

Vzhledem k tomu, že slané a sladké linky nelze jednoduše porovnávat kvůli jiným technologickým postupům, rozdělila jsem je na celky „Bakery“ a „Pastry“. Zjištěný počet tun nezapočítává množství odpadu a vyrobených zmetků, výsledné hodnoty měrné spotřeby tedy mohou být tímto ovlivněny. U celku „Bakery“ je měrná spotřeba elektřiny mezi jednotlivými linkami vyrovnaná. Největší průměrnou měrnou spotřebu má linka L9 (404 kWh/t) a to z toho důvodu, že je největší a lze ji přestavovat pro výrobu různých druhů pečiva. Linkou s druhou nejvyšší průměrnou měrnou spotřebou je linka L3, naopak nejméně náročná je linka L6 (196 kWh/t). Linka L3 patří mezi nejstarší linky v pekárně, je proto možné, že jsou na ní instalované staré a málo úsporné motory. Tuto linku jsem prošla a zjistila jsem, že štítky motorů jsou zašpiněné těstem a moukou, nečitelné nebo nejsou vůbec dostupné a dokumentaci k nim nelze dohledat, nejsem proto schopná řádně vyhodnotit případné úspory, které by vznikly výměnou motorů za nové. Linka L6 je unikátní v tom smyslu, že její důležitou součástí je velká kamenná pec, na které se vyrábí italské druhy pečiva. Díky jinému uspořádání proto může mít menší měrnou spotřebu elektřiny, než mají ostatní linky.

Pro celek „Pastry“ je interpretace o něco složitější. Je vidět, že celek Ruční výroba (vč. oddělení Muffiny) má během roku mnohem větší měrnou spotřebu než ostatní linky, v červenci a srpnu dokonce přesahuje hodnotu 2 700 kWh/t. Tato velká energetická náročnost je na jednu stranu překvapující, protože se zde nenachází tolik elektrických spotřebičů, jako u ostatních linek. Je ale také pravda, že strojová výroba vyprodukuje i 3 krát více tun, než ruční. Měrná spotřeba P1 je oproti velmi podobné lince P2 více, jak dvakrát větší. Důvod může být například ten, že klimatizační technika určená primárně pro P1 je z části využívána i pro P2 aniž by to bylo respektováno ve vzorcích DO.

2.4.2. Zemní plyn

Tepelné ztráty

Tepelné ztráty vznikají ve zdrojích tepla (kotle, parní vyvíječe, pece) a také v teplovodních a parních rozvodech.

Ztráty v plynových kotlích záleží zejména na zatížení kotlů, které se během roku mění. Protože účinnost uvedená v technické dokumentaci se vztahuje pouze k jmenovitému výkonu kotle, je třeba ji přepočítat s ohledem na skutečný provoz. To je možné přímo pomocí vzorce (4), pokud je znám kromě spotřeby V_{ph} [m³/h] a výhřevnosti plynu H_0^i [kJ/m³] také hmotnostní průtok topné vody M_{hv} [kg/h], její vstupní a výstupní teploty [°C] a tepelná kapacita ($c_v = 4,1868$ kJ/(kg.°C)) nebo nepřímo zjištěním ztrát výkonu spaliny (tzv. „komínová ztráta“) a stěnami spotřebiče – vzorec (5). [26]

$$\eta = \frac{P_v}{P_p} = \frac{M_{hv} * c_v * (t_{vyst} - t_{vrat})}{V_{ph} * H_0^i} * 100 \quad [\%] \quad (4)$$

$$\eta = 100 - \frac{[V_{sT}^v + (n - 1) * V_{vT}] * c_{sp}^s * (t_{sp} - t_v)}{H_0^i} * 100 - q_s \quad [\%] \quad (5)$$

Kde:

V_{sT}^v ... *stechiometrický objem vlhkých spalin*

n ... *stechiometrický objem spalovacího vzduchu, $n = 1 + \left(\frac{CO_{2,max}}{CO_2} - 1\right) * \frac{V_{sT}^s}{V_{vT}}$*

$CO_{2,max}$... *maximální objem oxidu uhličitého ve spalinách*

CO_2 ... *obsah oxidu uhličitého ve spalinách změřený analyzátozem*

V_{sT}^s ... *stechiometrický objem suchých spalin*

V_{vT} ... *stechiometrický objem spalovacího vzduchu*

c_{sp}^s ... *střední měrná tepelná kapacita spalin*

t_{sp} ... *teplota spalin*

t_v ... *teplota okolního vzduchu*

q_s ... *ztráta stěnami kotle, u novějších zařízení okolo 2 %*

Velikost ztrát lze ovlivnit těmito způsoby [26]:

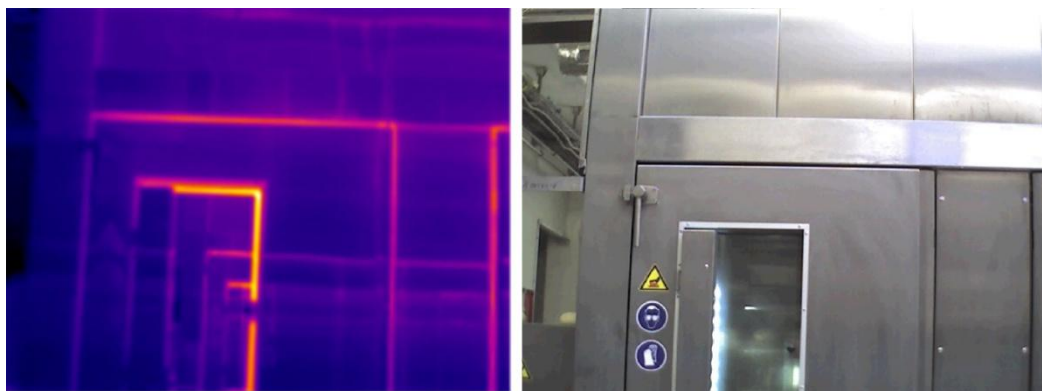
- optimalizací množství spalin podle velikosti přebytku spalovacího vzduchu
- snížením teploty spalin čištěním a údržbou ploch, ve kterých dochází k prostupu tepla
- rekuperací tepla spalin k předehřátí spalovacího vzduchu
- výměnou starého kotle za nový

Protože hmotnostní průtok topné vody v kotlích ani informace pro určení komínové ztráty nemám k dispozici, ztráty v kotlích určím pouze orientačně použitím účinnosti z dokumentace. *Tabulka 11* tak dává informaci pouze o tom, kolik se v roce 2016 mohlo ztratit energie, ale ne o tom, s jakou účinností kotle skutečně pracují. Při uvažování spalného tepla ZP 10,6 kWh/m³ a výhřevnosti 33,48 MJ/m³ mi vyšlo, že v kotlích se mohlo ztratit 720 MWh tepla (tj. 2 592 GJ), což tvoří přibližně 2 % z celkové energie v zemním plynu přivedené do podniku.

Kotelna	Zařízení	Výkon [kW]	Příkon [kW]	Účinnost	Roční spotřeba [m3]	Vyrobená energie [MWh]	Qz [MWh]
K3	Kotel 1	200	217	92%	39 011,1	334,4	79,1
K3	Kotel 2	200	217	92%	9 759,0	83,6	19,8
K6	Kotel 1	350	380	92%	179 478,3	1 537,4	365,1
K6	Kotel 2	350	380	92%	83 408,0	714,5	169,7
K6	Kotel 3	350	380	92%	42 421,0	363,4	86,3
						Celkem	720,0

Tabulka 11 Ztráty v plynových kotlích [11][27][vlastní výpočet]

Ztráty v pecích mají velmi podobný charakter jako ztráty v kotlích. Princip plynové průmyslové pece používané v pekárně spočívá v zavedení horkých spalin do výměníků, kde ohřejí vzduch, který je vháněn ventilátory do spalovací komory. Po předání tepla jsou spaliny odvedeny kouřovody ven do ovzduší. Do pece je také zavedena pára, která zajišťuje požadovanou vlhkost v prostoru a nakonec dojde k její částečné kondenzaci. Úniky tepla z otvorů pece jsou zachyceny termokamerou na *Obrázku 4*.

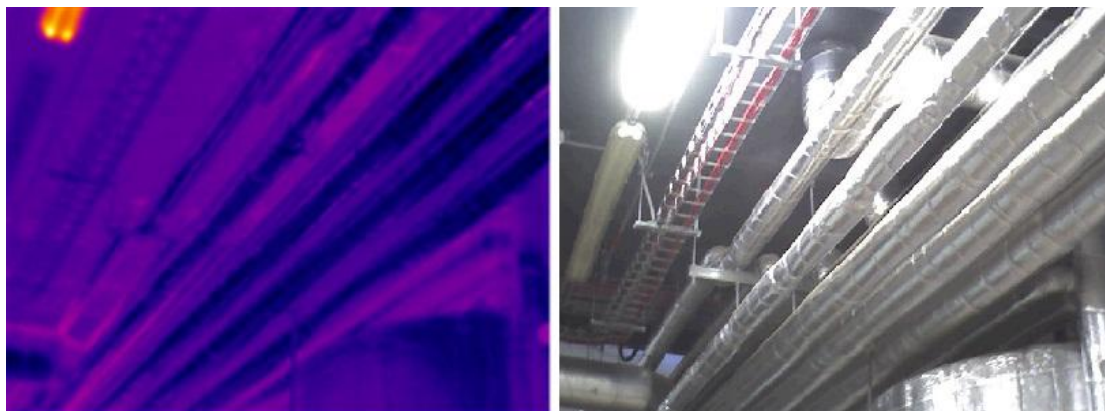


Obrázek 4 Úniky tepla z pece [vlastní foto]

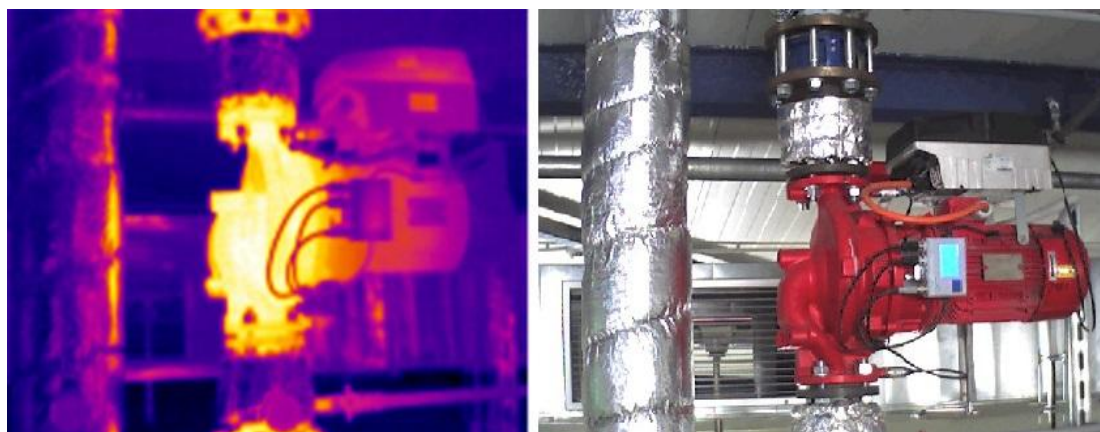
Zjišťování **ztrát v rozvodech tepelné energie** upravuje vyhláška 193/2007 Sb. V provozních podmínkách lze použít tyto metody: Schmidtovu, termovizní a kalorimetrickou. [28]

- Schmidtova metoda: Zde se využívá vlastností sériového termočlánku, který měří teplotní rozdíl na gumovém pásku o tloušťce 2 mm. Po přiložení pásku k měřenému povrchu dojde na termočlánku ke změně teplot, která vyvolá napětí. Toto napětí je závislé na velikosti tepelného toku, jeho konečné určení se provede pomocí ocejchování pásku a korekčního činitele. Podmínkou měření je ustálený stav a zamezení proudění okolního vzduchu. Nelze ho provést na kovovém povrchu a měl by ho provádět zkušený personál.
- Termovizní metoda: Povrch měřeného rozvodu se snímá termokamerou. Takto se zjistí rozvržení teplot na povrchu potrubí a lze tak odhalit kazy na izolaci, kde bude docházet k úniku většího množství tepla. Tato metoda je vhodná k souhrnnému posouzení systému a nelze při ní ověřit vlastnosti izolačního materiálu.
- Kalorimetrická metoda: Pomocí měřidel se stanoví průtok látky potrubím a její teplota na vstupu a výstupu. Dále platí, že ztráty se vyjádří jako rozdíl energie dodané na vstupu a energie naměřené na výstupu. Nevýhodou této metody je vznik nejistoty měření v závislosti na použitých měřidlech.

Pro zhodnocení ztrát v rozvodech tepla v pekárně jsem se rozhodla využít termokamery, kterou jsem snímala přístupné části potrubí převážně v kotelně 6. Nejistila jsem žádnou větší závadu na izolaci a mohu konstatovat, že kromě neizolovaných přídavných prvků v potrubí (ventily, čerpadla, atd.) k větším únikům tepla nedochází.

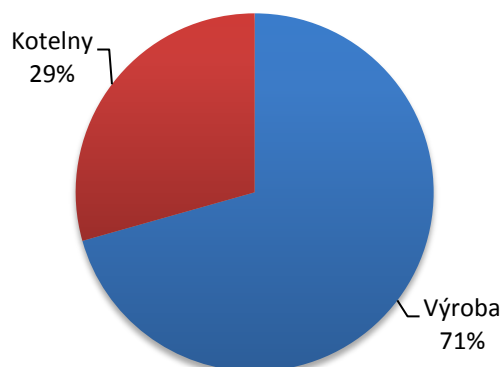


Obrázek 5 Ztráty v rozvodech tepla – potrubí [vlastní foto]



Obrázek 6 Ztráty v rozvodech tepla – čerpadlo [vlastní foto]

Celková spotřeba plynu v podniku



Graf 9 Struktura spotřeby plynu v roce 2016 [11]

V roce 2016 bylo v podniku spotřebováno podle faktury 33 606,6 MWh zemního plynu. Ze 71 % je za toto číslo zodpovědná výroba, do které jsem zahrнула pece jednotlivých linek, jedoucí v nepřetržitém provozu s pravidelnými odstávkami. Bez kotelen by však výroba nemohla fungovat, protože důležitou součástí provozu (konkrétně kynutí těsta) je výroba páry. Ta spolu s výrobou tepla v kotlích představovala v roce 2016 celkem 29 % z konečné spotřeby zemního plynu.

Měrná spotřeba zemního plynu

	Linka	Průměr [m3/t]
BAKERY	L1	34,0
	L2	32,5
	L3	35,1
	L4	36,2
	L6	53,3
	L7	47,2
	L8	40,5
	L9	37,9
	PASTRY	P1
P2		2,5
P3		39,7
Ruční výroba		82,8
Ruční výroba - Muffiny		64,6

Tabulka 12 Měrná spotřeba ZP v roce 2016 – průměr [11][25]

Měrná spotřeba plynu v m³/t hotového výrobku je u celku „Bakery“ podobně jako u elektřiny vyrovnaná. Hlavní rozdíl je ten, že zatímco měrná spotřeba elektřiny na lince L6 byla nejmenší, měrná spotřeba plynu je zde největší (v průměru 53,3 m³/t), což je způsobeno speciální kamennou pecí pro výrobu italského pečiva. Druhou nejvyšší měrnou spotřebu plynu má linka L7, která vyrábí hodně zmetků. Nejmenší měrnou spotřebu mají linky 1 a 2 (32 – 34 m³/t), které se řadí mezi nejstarší a nejmenší linky v podniku.

Největší měrnou spotřebu plynu má u celku „Pastry“ opět Ruční výroba, ze stejného důvodu jako u elektřiny. Linka P1 má nejmenší měrnou spotřebu (průměrně 2,5 m³/t) protože zde není kynárna a nespotřebovává se zde pára. Nová linka P3 byla v lednu v testovacím provozu, lednová spotřeba je z výpočtu proto vyňata. Tato linka jako jediná využívá tzv. termokotel, který spalováním ZP ohřívá olej v primárním okruhu, který poté předá teplo oleji na smažení donutů a klasických koblih. Tento typ kotle se také vyrábí v provedení na spalování biomasy a starého pečiva, uváděný rozsah výkonů uvedený v dokumentaci výrobce však nevyhovoval požadavkům linky.

2.4.3. Celková roční bilance

Při tvorbě celkové energetické roční bilance podle vyhlášky 480/2012 Sb. jsem vycházela z hodnot roku 2016. V řádku 4 označuji cizím subjektem ubytovnu, která odebírá od pekárny plyn i elektřinu. Ztráty v řádku 6 zahrnují vypočítané ztráty v transformátorech a tepelné ztráty v kotlích. Hrubým odhadem jsem určila, že na přípravu TUV se spotřebuje 5 % z celkové spotřeby kotelen 1, 3 a 6. Na vytápění se pak spotřebuje 95 % spotřeby koteln 1. Spotřeba energie na větrání je založena na měření vzduchotechnik dvou linek, tato spotřeba je pak vynásobena 6 (celkem 12 linek). Ř. 12 vychází z počtu svítidel a jejich příkonu.

ř.	Ukazatel	GJ	MWh
1	Vstupy paliv a energie	264 413	73 448
2	Změna zásob paliv	0	0
3	Spotřeba paliv a energie (ř. 1 + ř. 2)	264 413	73 448
4	Prodej energie cizím	383	106
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř. 3 - ř. 4)	264 030	73 342
6	Ztráty ve vlastním zdroji a v rozvodech energie (z ř. 5)	3 891	1 081
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř. 5)	16 181	4 495
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř. 5)	70 061	19 461
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř. 5)	1 636	454
10	Spotřeba energie na větrání (z ř. 5)	4 584	1 273
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř. 5)	0	0
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř. 5)	3 582	995
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř. 5)	164 272	45 631

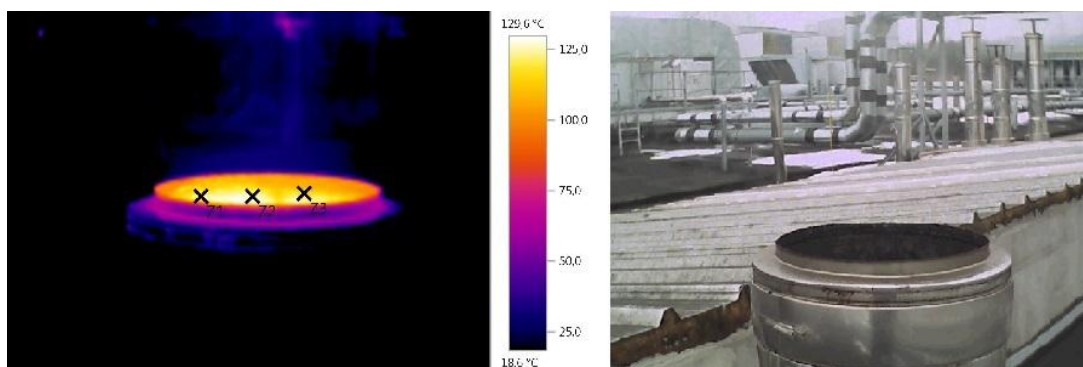
Tabulka 13 Celková roční bilance [vlastní výpočet]

2.5. Odpadní teplo

2.5.1. Odpadní teplo z pecí

Kromě komínové ztráty způsobené odchodem spalin z tepelného výměníku pecí dochází také k odvodu horkého vzduchu (převážně páry) z tzv. digestoře. Každá linka má více hořáků, každý hořák má svůj vlastní kouřovod (požadavek výrobce). Výstup z digestoře je pouze jeden. Množství a teplota spalin na výstupu z kouřovodů se liší podle nastaveného výkonu hořáků. Instalace spalinového výměníku na každý kouřovod zvlášť by bylo finančně i technicky náročné a vzhledem k proměnnému výkonu hořáků a odstavování linek při údržbě či poruše by se množství předaného tepla špatně odhadovalo. Rekuperace tepla ze spalin je dnes využita pouze u výkonné linky L6, na *Obrázku 9* označeno jako „EKO blok“.

Termokamerou jsem zjišťovala teplotu páry vycházející z digestoře linky 7. Nastavená emisivita 0,7 odpovídá nerez oceli, ze které by měl být postaven komín¹. Okolní teplota se pohybovala okolo 1 °C, rozsah měřících teplot byl nastaven na 0 °C – 350 °C. Při tomto rozsahu je přesnost měření $\pm 2 \%$ z údaje. Vyhodnocení jsem provedla v programu *testo IRsoft*.



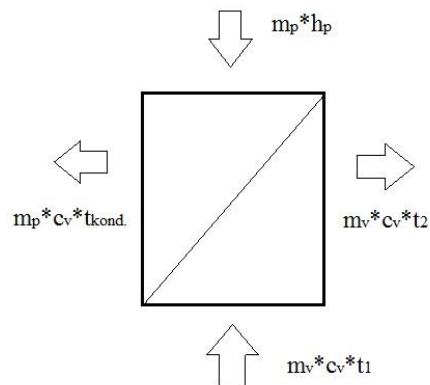
Obrázek 7 Termogram digestoře linky L7 [vlastní foto]

Bod	Teplota [°C]	Přesnost
Z1	120,9	$\pm 2,42 \text{ °C}$
Z2	125,3	$\pm 2,51 \text{ °C}$
Z3	119,9	$\pm 2,40 \text{ °C}$

Tabulka 14 Vyhodnocení termogramu [program *testo IRsoft*]

¹ Hodnota emisivity významně ovlivňuje výpočet teplot v termogramu. Protože záleží také na povrchové úpravě materiálu, jeho drsnosti a dalších parametrech, považuji hodnotu teplot za orientační a v případě návrhu skutečného tepelného výměníku by bylo nutné provést přesnější měření např. teploměrem.

Pokud bych chtěla navrhnout rekuperační výměník pára – voda, vycházela bych z této bilance:



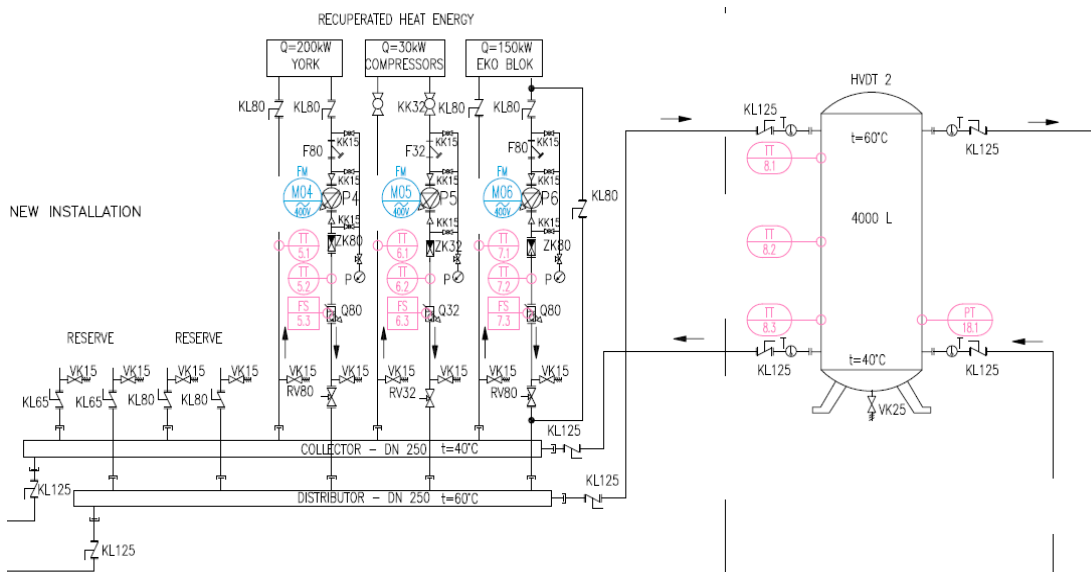
Obrázek 8 Výměník pára – voda

$$m_p * (h_p - c_v * t_{kond.}) = m_v * c_v * (t_2 - t_1) = Q \quad (6)$$

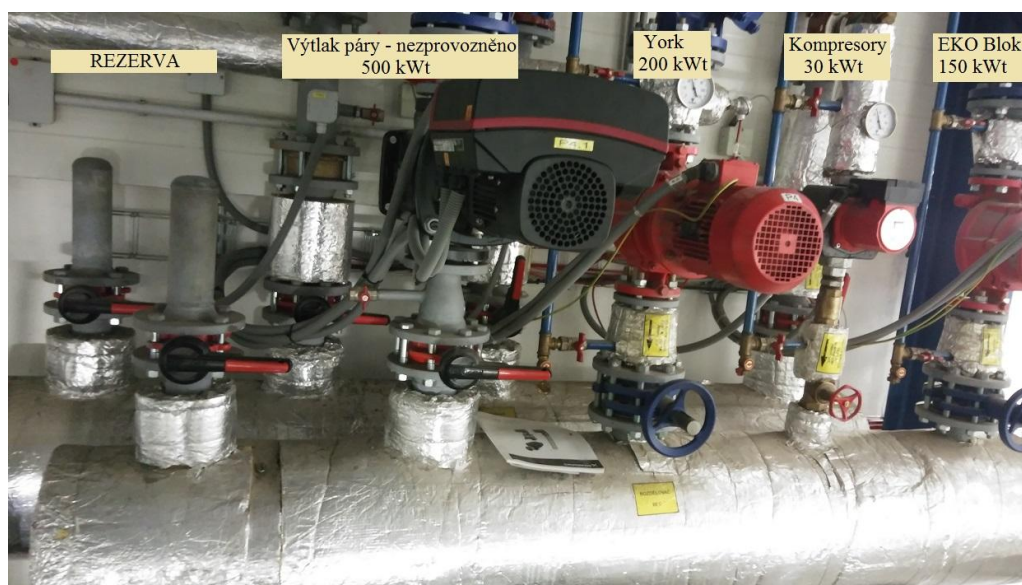
Předpokládám, že minimální požadovaný tepelný výkon Q je 30 kW, entalpie páry h_p je 2690 kJ/(kg.K) (odp. teplotě 120 °C a tlaku 100 kPa) a $t_{kond.} = 100$ °C. V tom případě by průtok páry musel být 48 kg/hod. Skutečný průtok páry digestoří není známý. Dále budu uvažovat provoz linky 7280 hodin v roce (140 hodin týdně) a po vynásobení zjistím, že takto navržený výměník by dokázal předat 218,4 MWh ročně. Ekonomický efekt z rekuperace je zřejmý, otázkou je doba návratnosti investice.

2.5.2. Výtlačná pára kompresorů

Stlačování plyných látek v kompresoru je doprovázeno nejen změnou tlaku daného média, ale také jeho zahřáním. V případě čpavkových kompresorů se teplota par po stlačení pohybuje nad 65 °C a v pekárně je část tohoto odpadního tepla využita v podobě rekuperačních výměníků vyvedených do kotelny 6, které dohřívají vratnou vodu ze systému na teplotu 60 °C (na *Obrázku 9* označeno jako „York“). Voda o této teplotě poté putuje do akumulační nádoby a odtud je distribuována do soustavy. Při návštěvě kotelny jsem si všimla, že poslední instalovaný rekuperační výměník o maximálním tepelném výkonu 500 kW ještě není zprovozněn (na *Obrázku 9* označeno jako „Reserve“ – není zakresleno) a v kapitole 4 chci zjistit, zda se jeho zprovoznění vůbec vyplatí. Teplo zahřátého stlačeného vzduchu ze vzduchových kompresorů se rekuperuje ve výměníku označeném jako „Compressors“ a dokáže dodávat maximálně 30 kW.



Obrázek 9 Schéma rekuperace v kotelně 6 [29]



Obrázek 10 Fyzická instalace rekuperace v kotelně 6[vlastní foto]

2.5.3. Chlazení kompresorů

Při provozu je třeba každý stroj nějak chladit. Kompresory mají nainstalované olejové hospodářství, které odvádí teplo ze stroje pryč. Teplota chladicího oleje však není tak vysoká jako je teplota výtlačných par, pohybuje se „pouze“ okolo 50 °C. K rekuperaci se používá jen olej z kompresorů ve strojovně 1 a to v kombinaci s výtlačnou párou. Celkově má tento výměník maximální tepelný výkon 285 kW. Snahy o další využití tohoto odpadního tepla v pekárně již neúspěšně proběhly, touto možností se tedy nebudu dále zabývat.

2.6. Struktura ceny energie ²

2.6.1. Elektřina

Pekárna leží v oblasti ČEZ – Distribuce. Platby za elektřinu podléhají regulaci, kterou ustanovuje Energetický regulační úřad (ERÚ) a zveřejňuje jej ve svých Cenových rozhodnutích. Pro rok 2017 je platné Cenové rozhodnutí číslo 7/2016 a má pro odběratele z hladiny VN tuto strukturu:

Systémové služby VN	93,94	Kč/MWh
Použití sítí	36,83	Kč/MWh
Daň z elektřiny	28,30	Kč/MWh
Podpora elektřiny z POZE	78 289,70	Kč/MW a měsíc
Roční rezervovaná kapacita	165 885,00	Kč/MW a měsíc
Měsíční rezervovaná kapacita	183 992,00	Kč/MW a měsíc
Činnosti OTE	4,90	Kč/OM a měsíc

Tabulka 15 Regulované složky ceny elektřiny [30][31]

Oproti roku 2016 lze sledovat rozdíl ve výši příspěvku na POZE, který byl v Cenovém rozhodnutí 7/2016 až 40 krát menší oproti roku 2016, ale poté došlo k jeho dodatečné změně Cenovým rozhodnutím č. 10/2016 z původní hodnoty 2 640,16 Kč/MW a měsíc na 78 289,70 Kč/MW a měsíc (vztaženo na rezervovaný příkon). Kromě daně z elektřiny, která je stejná, mírně klesají i ostatní položky. Poplatek za činnost OTE, který se skládá ze zúčtování odchylek, výplaty a administrace spojenou s POZE a z činnosti ERÚ se vztahuje k odběrným místům, z čehož vyplývá, že měsíčně pekárna zaplatí 9,80 Kč. Daň z elektřiny patří mezi tzv. ekologické daně a je definována v zákoně č. 261/2007 Sb.

Cena za silovou elektřinu je dána smlouvou. Protože se jedná o citlivý údaj, tuto položku určím jako aritmetický průměr produktů Base Load (BL) a Peak load (PL) pro rok 2017 z Pražské energetické burzy (PXE). Hodnota BL (k 5. 12. 2016) je 29,75 EUR/MWh, zatímco PL má hodnotu 39,4 EUR/MWh. Při kurzu 27 Kč/EUR činí průměrná cena 934 Kč/MWh. Podle PXE bude cena silové elektřiny do roku 2019 meziročně klesat. [30][31][32][33]

² Všechny ceny jsou bez DPH.

2.6.2. Plyn

Plyn patří stejně jako elektřina mezi regulované položky. Vztahuje se k němu Cenové rozhodnutí ERÚ číslo 6/2016. Protože pekárna stojí na distribučním území společnosti GasNet, je připojena k místní síti na úrovni 0,3 MPa a patří mezi velkoodběratele, je povinna platit tyto poplatky:

Cena za distribuci	43,47	Kč/MWh
Cena za zúčtování	2,4	Kč/MWh
Denní rezervovaná distribuční kapacita CK	189 284,80	Kč/tis m ³
Ostatní služby	15	Kč/MWh
Daň ze ZP	30,60	Kč/MWh

Tabulka 16 Regulované složky ceny plynu [34]

Platba za denní rezervovanou kapacitu je stanovena podle následujícího vzorce:

$$CK = (a + b * \ln k) * 1000 \text{ [Kč/tis. m}^3\text{]} \quad (7)$$

Kde a a b jsou koeficienty cenového vzorce pro daného PDS a k je výše denní rezervované kapacity v m³: $a = 350,6404$; $b = -17,1789$; $k = 12\ 000$. Měsíční platba se pak určí jako

$$MP_{AB} = \frac{(CK * \frac{k}{1000})}{12} \text{ [Kč]} \quad (8)$$

Do ceny za ostatní služby dodávky plynu lze zahrnout pouze ekonomicky oprávněné náklady a přiměřený zisk. Mezi ekonomicky oprávněné náklady nepatří například náklady na reprezentaci, odměny statutárních orgánů, pokuty a penále, tvorba rezerv a opravných položek k pohledávkám nebo daň z příjmu. Daň ze ZP je stanovena stejným právním předpisem jako daň z elektřiny, tedy zákonem č. 261/2007 Sb. Nejmenší částí nákladů za plyn je cena za zúčtování, která je na rozdíl od elektřiny vztažena na odebranou MWh plynu. Cenu komodity jsem určila podle hodnoty produktu „G PXE CZ BL SUM-17“ na Pražské energetické burze, k 3.2.2017 je tato cena 18,325 EUR/MWh (při kurzu 1 EUR = 27 Kč je to tedy 495 Kč/MWh). [32][34][35]

3. Výsledky energetického auditu

V lednu 2017 byl dokončen energetický audit, který se zaměřoval na potenciál úspor energie v podniku a tepelné vlastnosti budovy. Bylo v něm konstatováno, že podnik je na velmi dobré úrovni z hlediska hospodaření s energiemi a budova byla zařazena do kategorie C – Vyhovující požadované úrovni. V auditu jsou přehledně vypsány všechny tepelné zdroje, zdroje stlačeného vzduchu, chladu a elektřiny. Jsou také zkoumány rozvody různých forem energií, u kterých není shledána žádná závada nebo pochybení.

Z důvodu omezeného rozpočtu technického oddělení zodpovědného za hospodaření s energiemi byla jako jediné opatření pro zvýšení účinnosti energie navrhována výměna klasického osvětlení za LED svítidla PL7000 s příkonem 64 W a světelným tokem 7 000 Lm (požadovaná hladina osvětlenosti je 500 lx). V podniku bylo identifikováno celkem 931 zářivkových těles, v každém tělese jsou 2 zářivky (o příkonu 2 x 58 W) a vybraná LED svítidla jsou schopna kompletně nahradit celá tělesa. Investiční výdaje byly vyčísleny na 3 709,8 tis. Kč včetně úpravy elektroinstalace a dalších úkonů a předpokládaná roční úspora byla vypočtena na 432,2 MWh. Při diskontu 4 % a době hodnocení $T = 20$ let vyšla čistá současná hodnota NPV 4 612 tis. Kč a vnitřní výnosové procento IRR 15,55 %. Reálná doba návratnosti je při nepřetržitém svícení 8 let. Odhaduje se, že spotřeba elektřiny klesne díky výměně celkem o 0,62 %. Jako výhodou investice bylo uvedeno snížení nákladů na údržbu a zlepšení světelných podmínek na pracovišti, naopak nevýhodou omezení výroby při instalaci svítidel. [16]

V kapitole 4 budu zkoumat různé další možnosti výměny osvětlení, jako je výměna původních svítidel za nové vhodné pro použití LED žárovek nebo najmutí externí firmy, která se bude o výměnu žárovek starat sama. Vypočtené hodnoty poté porovnáám s výsledky energetického auditu.

4. Návrh a vyhodnocení úsporných opatření

V této části navrhnu a vyhodnotím vlastní úsporná opatření, která vycházejí z výše provedené analýzy spotřeby energie v podniku. Zaměřím se na úspory elektřiny a zemního plynu, protože náklady na tyto energie jsou v podniku největší a vidím zde nejvíce možnosti. Na spotřebě vody by se dalo také ušetřit, problémem je ale nekvalitní měření, nedostatečné zmapování vodovodního potrubí a z toho vyplývající nedostatek vstupních dat pro výpočet. Jako nejjednodušší a nejméně nákladné opatření je uvedeno zprovoznění rekuperačního výměníku, který byl již nainstalován, ale z nějakého důvodu je nefunkční. Dále se budu zabývat výměnou klasického osvětlení za LED, které se v podniku stále nedaří prosadit. Možnosti instalace plynového tepelného čerpadla budu hodnotit jak pro stávající provoz, tak pro nově plánovanou výstavbu, která počítá s postavením budovy určené speciálně pro technologie vytápění a chlazení nových linek. V této nové budově by se také mohla vyskytovat KGJ zajišťující výrobu tepla a elektřiny během zimního období nebo v kombinaci s absorpční jednotkou, kdy by byla v celoročním provozu a výstupem celé technologie by byl kromě elektřiny a tepla také chlad.

U ekonomického hodnocení budu sledovat tato kritéria efektivnosti: čistou současnou hodnotu (NPV), vnitřní výnosové procento (IRR) a dobu návratnosti (prostou a diskontovanou). Tato kritéria jsou založena na výpočtu ročních toků hotovosti CF, které se skládají z příjmů a výdajů. Protože navržená opatření budou mít různou ekonomickou životnost, doba hodnocení se bude lišit. Diskontní míra bude u všech hodnocení stejná, její volba je popsána níže. Do výpočtů nebudu zahrnovat vliv cizího financování, dotace a další státní podpory vyhodnotím zvlášť. Na růst a pokles cen vybraných veličin bude provedena citlivostní analýza, pro samotný výpočet bude použita nulová změna. Konečné ceny elektřiny a plynu stanovím jako platbu za komoditu plus regulované položky vztažené na odebranou jednotku energie. Daň z příjmu právnických osob je 19 %. Pokud vznikne v rámci hodnoceného projektu v některém roce daňová ztráta, nebudu ji v následujících pěti letech odečítat od odváděné daně z příjmu, ačkoli mi to Zákon o daních z příjmů umožňuje. Je to proto, protože hlavní výnosy podniku vznikají prodejem vyrobeného pečiva a jednotlivé projekty tak mohou snížit odváděnou daň z celého hospodaření firmy. Všechna ekonomická hodnocení jednotlivých opatření včetně průběhů toků hotovosti jsou v *Příloze 9*.

NPV

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} \rightarrow MAX \quad [K\check{c}] \quad (9)$$

IRR

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0, \quad IRR > r \quad (10)$$

Prostá doba návratnosti T_p

$$T_p = \frac{INV}{\overline{CF}} \quad [\text{roky}] \quad (11)$$

Kde:

\overline{CF} ... průměrný roční tok hotovosti

CF_t ... tok hotovosti v roce t

r ... diskont

T ... doba hodnocení

Diskontovaná doba návratnosti T_d

Kumulovaný diskontovaný tok hotovosti za dobu T_d je rovný nule. Protože tento výpočet respektuje časovou hodnotu peněz, má větší vypovídací schopnost, než prostá doba návratnosti. [36]

Volba diskontu

Diskont vyjadřuje cenu ušlé příležitosti a respektuje časovou cenu peněz. Pro jeho určení je možné využít modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM nebo ho lze také určit pomocí zkušenosti s výpočty v daném sektoru. Pro můj případ jsem se rozhodla využít data z databáze profesora A. Damodarana a jako hodnotu diskontní míry použít váženou cenu kapitálu v potravinářském průmyslu, která se blíží hodnotě 7 %. [37]

SWOT analýza

Pro diskutování výhod a nevýhod navrženého opatření provedu SWOT analýzu, která identifikuje vlivy vnitřního prostředí jako silné a slabé stránky (strengths and weaknesses) a vlivy vnějšího prostředí jako příležitosti a hrozby (opportunities and threats). Vnitřní prostředí je takové prostředí, jehož působení jsem schopna do jisté míry ovlivnit (např. vnitřní strategie podniku, výdaje, vztah s dodavateli) a vnější prostředí je takové, na které nemám vliv (legislativa, růst či pokles cen, dopady politických rozhodnutí).

4.1. Varianta A – Zprovoznění rekuperačního výměníku

4.1.1. Návrh a ekonomické vyhodnocení

Vyrobené teplo v kotlích v kotelně 6 je z přibližně 13 % využito k předehřátí vody jdoucí do parních vyvíječů (zde se využívá teplá voda o teplotě 80 °C) a dále ke klimatizaci linek a výrobě teplé vody (zde se využívá teplá voda o teplotě 60 °C). Rekuperace tepla je řízena regulačními mechanismy, které sledují teplotu topné vody v akumulaci nádrži a při detekci nižší teploty (okolo 40 °C) proženou část této vody skrz rekuperační výměníky. Ta část topné vody, která není ohřána v rekuperaci, je odvedena do výměníku o tepelném výkonu 1 200 kW_t, kde je jí předáno teplo vyrobené v kotli. V rozdělovači se pak sejde voda o teplotě 60 °C a je zavedena zpět do akumulaci nádrže. Smyslem zprovoznění rekuperačního výměníku je snaha o minimalizaci množství vody, která je dohřívána z kotle. [29]

Z výtlačných par čpavkových kompresorů SAB 193 (2 x 872 kW_{ch}) a kompresoru SAB 233 (1 169 kW_{ch}) – Příloha 4 je teplo získáváno interakcí s glykolem, který předává teplo topné vodě o teplotě 40 °C. Zprovoznění výměníku vyvolá náklady na naplnění výměníku touto látkou ve výši 65 000 Kč; a protože se o tuto instalaci stará externí firma, je třeba do nákladů započítat ještě platbu za uvedení do provozu jejich zaměstnanci a za dodatečný materiál. Celkem odhaduji náklady na uvedení do provozu na 100 000 Kč, výdaje na instalaci byly 24 257 Euro (asi 654 939 Kč). Náklady na údržbu a provoz jsou nulové. Maximální možný tepelný výkon je 500 kW_t (předpoklad chodu všech kompresorů na 100 %), maximální dosažitelný tepelný výkon však bude nižší, okolo 375 kW_t (předpoklad chodu všech kompresorů na 75 %). Dále jsem zjistila, že kompresor K1 pracoval v roce 2016 celkem 3 753 hodin, kompresor K2 4 347 hodin a kompresor K3 4 780 hodin. Teoretický potenciál provozu je spočítán v Tabulce 17.

Kompresory	Roční doba provozu [hod]	Okamžitý výkon [kW _t] při provozu na 75 %	Předané teplo [MWh]	Ušetřený ZP [MWh]
K1	3 753	112	421	522
K2	4 347	112	488	605
K3	4 780	150	719	891
Celkem		375	1 629	2 018

Tabulka 17 Teoretický potenciál výměníku

Po provedení výpočtů jsem zjistila, že výměník má velký teoretický potenciál. Ročně by byl schopen předat až 1,629 GWh tepla a tím by téměř nahradil provoz dvou kotlů. Otázkou ale zůstává, nakolik lze výměník využít vzhledem k tepelným požadavkům ve stávajícím systému – letní provoz vyžaduje mnohem méně tepelného výkonu, než zimní. Pro tento účel jsem vytvořila následující model, ve kterém jsem rozvrhla pravděpodobný provoz kompresorů po měsících, zjistila minimum a medián požadovaného tepelného výkonu v daném měsíci z dat roku 2016 a na základě toho jsem spočítala

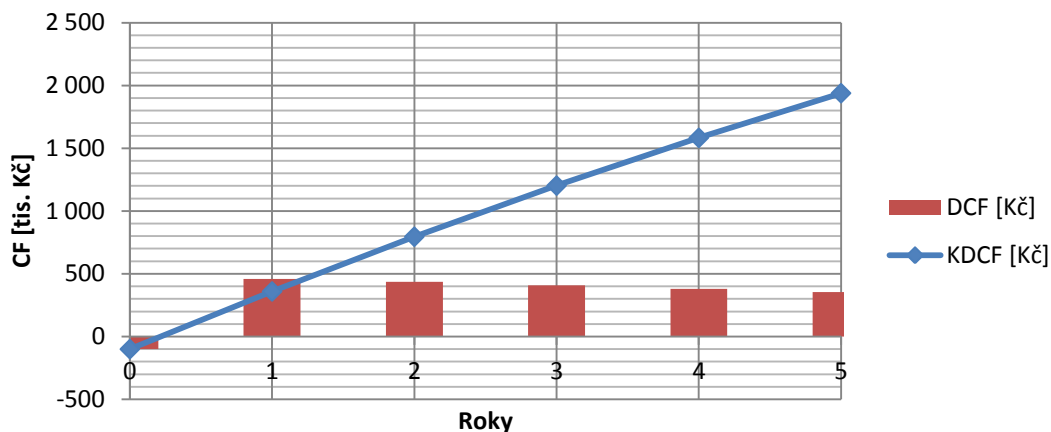
předané teplo a úspory ZP. Logika výpočtu je následující: Pokud je minimální požadovaný tepelný výkon větší, než výkon výměníku, předané teplo se určí jako součin hodin v měsíci a výkonu výměníku. Pokud toto neplatí, ale medián je větší než výkon výměníku, předané teplo se spočítá jako součin polovičního počtu hodin v měsíci a výkonu výměníku. A nakonec pokud je minimum i medián menší, než výkon výměníku, předané teplo určím jako součin mediánu a polovičního počtu hodin v měsíci.

	Výkon kompresorů [kWt]			Celkem kWt	Požadovaný tepelný výkon [kWt]		Předané teplo [MWh]	Ušetřený ZP [MWh]
	K1	K2	K3		Min	Medián		
Leden	112	0	0	112	186	396	84	103
Únor	112	0	0	112	166	335	75	93
Březen	112	0	0	112	166	328	84	103
Duben	112	112	0	225	130	288	81	100
Květen	0	112	150	263	60	179	66	82
Červen	0	112	150	263	37	134	48	60
Červenec	0	112	150	263	52	134	50	62
Srpen	0	112	150	263	7	141	53	65
Září	0	112	150	263	45	134	48	60
Říjen	0	0	150	150	52	238	56	69
Listopad 1.-20.	0	0	150	150	186	350	72	89
Listopad 21.-30.	112	0	0	112	141	380	27	33
Prosinec	112	0	0	112	179	424	78	97
						Celkem	822	1 018

Tabulka 18 Model provozu kompresorů během roku

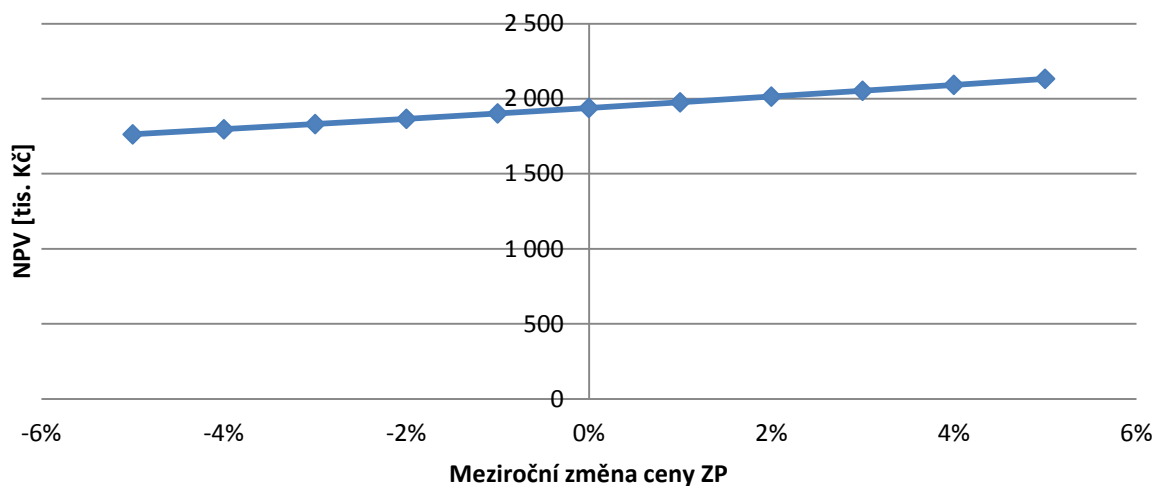
Tepelné výměníky se řadí do 3. odpisové skupiny a daňově se odepisují 10 let. Při rovnoměrném odepisování se 1. rok se odepíše 5,5 % z investičních výdajů, další roky 10,5 % z této částky. Investičním výdajem rozumím součet výdajů za instalaci výměníku a jeho zprovoznění, celkem tedy 754 939 Kč. Vzhledem k faktu, že ve strojovnách dochází k častým změnám technologie, určila jsem dobu hodnocení na 5 let. [39]

Při navrženém provozu a diskontu 7 % bude čistá současná hodnota 1 938 518 Kč a doba návratnosti (prostá i diskontovaná) do tří měsíců. Zprovoznění výměníku by tedy bylo smysluplné i v případě, kdy ho lze využít pouze na částečný výkon. IRR projektu ve výši 493 % značí, že projekt by měl být neodkladně uskutečněn. Toto hodnocení bylo provedeno pro zprovoznění; pokud by se do výpočtu zahrnul i výdaj za instalaci výměníku (který považuji za „utopený“ vzhledem k tomu, že byl proveden v minulosti), bylo by NPV 1 283 579 Kč a investice by se vrátila mezi 1. a 2. rokem provozu.



Graf 10 Varianta A – Průběh Cash flow

4.1.2. Citlivostní analýza na změnu ceny ZP



Graf 11 Varianta A – Citlivostní analýza na změnu ceny ZP

Cílem této citlivostní analýzy je zjistit, jak se změní čistá současná hodnota při různé meziroční změně ceny zemního plynu. Na *Grafu 11* je vidět, že NPV je na změnu citlivé málo a v zadaném intervalu je vždy kladné. Zprovoznění výměníku by se tedy mělo vyplatit při různých cenách zemního plynu.

4.1.3. SWOT analýza

Silné stránky: Úspora nákladů na ZP ve výši 597 221 Kč ročně, malá závislost na změně ceny ZP

Slabé stránky: Výměník nelze využít naplno kvůli různým potřebám tepla v zimě a v létě

Příležitosti: Využití odpadního tepla (téměř 3 GJ ročně)

Hrozby: Dané kompresory nebudou z technologických důvodů v chodu a tím se sníží výše předpokládaných úspor, náhodné poruchy

4.2. Varianta B – Výměna osvětlení za LED

Světelné zdroje se dělí na tepelné (klasické žárovky), výbojové (indukční výbojky, doutnavky, xenonové výbojky) a elektroluminiscenční (LED zářivky, panely). Mezi základní parametry světelných zdrojů patří například jejich elektrický příkon [W], požadované napětí na zdroji [V], světelný tok [lm], svítivost [cd] a teplota chromatičnosti [K]. Osvětlením v pracovních prostorách se zabývá norma ČSN EN 12464-1 z března 2012. Základní sledovanou veličinou je osvětlenost [lx], která vyjadřuje množství světelného toku na jednotku plochy. Pro expedice a balírny je minimální hladina osvětlenosti 300 lx, pro prostory pekáren až 500 lx. Další sledovanou veličinou je všeobecný index podání barev R_a , jehož minimální hodnota musí být 80 (maximum je 100) a rušivé oslnění UGR, které by mělo být poskytováno výrobcem pro dané rozmístění svítidel, a v prostorách pekárny by tento parametr neměl přesahovat hodnotu 22.

Původní osvětlení ve výrobních prostorách pekárny se skládá ze 150 cm dlouhých lineárních zářivek typu T8 (tj. průměr 26 mm). Jejich příkon je 58 W a jsou umístěny po dvou v tělesech s různou vzdáleností, každé svítidlo osvětluje plochu přibližně 10 m². Typická hodnota světelného toku pro tyto zářivky je 5 200 lm. Tyto zářivky patří mezi výbojové zdroje a k jejich provozu je potřeba předřadníku, který k příkonu zářivky přidává dodatečný příkon a tím zvyšuje energetickou náročnost. Účinnost by mohla být zlepšena použitím elektronického předřadníku, který dokáže výboj zapálit a stabilizovat na vysoké frekvenci (okolo 30 kHz). Používání tohoto druhu osvětlení má však plno nevýhod. Patří mezi ně nízká doba životnosti, závislost světelného toku na teplotě okolí nebo obsah rtuti, v jejichž nasycených parách výboj probíhá. Právě přítomnost jedovaté rtuti v prostorách výroby, kde jsou nejvyšší hygienické nároky, je velmi choulostivou záležitostí. V praxi se toto osvětlení používá zejména z historických důvodů a také proto, že zářivky jsou levné a snadno dostupné. [40][41]

Naopak osvětlení na bázi LED technologie přináší spoustu výhod. K jejich provozu je třeba malého napájecího napětí, při spojení čipů do série se zvýší světelný tok a neobsahují žádnou rtuť. Také mají více než dvojnásobnou dobu životnosti než klasické zářivky. K napájení se používají proudové

zdroje, které dodávají konstantní hodnotu proudu nezávislého na napájecím napětí ani na úbytku napětí na diodách. Pro účely použití LED zářivek v provozech a výrobních halách se vyrábí LED trubice, které by se daly použít namísto původních výbojových zářivek o dané délce a typu patice. Přímá záměna trubice v původním svítidle ale naráží na bezpečnostní požadavky, protože při jakékoli změně elektroinstalace dochází k porušení primárního účelu svítidla a znehodnocuje se jeho prohlášení o shodě. V případě záměny trubice je tedy nutné znát typ předřadníku (tlumivkový, elektronický) a vybrat podle toho vhodný druh trubice s vestavěnými bezpečnostními prvky, případně zakoupit nové svítidlo vhodné pro osazení LED trubicemi. Při výměně zářivek je nezbytné porovnat jejich světelné toky, LED trubice má světelný tok menší, než výbojová trubice, což v určitých provozech nemusí při výměně kus za kus splňovat normované požadavky. Pro zjištění potřebného světelného toku nové zářivky je možné použít vzorec (12). Z důvodu opotřebení zářivek během doby životnosti je třeba na počátku soustavu lehce předdimenzovat, aby byla minimální požadovaná osvětlenost na konci rovna nebo větší, než je udaná v normách. Vyzařovaný světelný tok ze zářivek může být větší, než užitečný světelný tok naměřený v prostoru, což je způsobeno vyzařovacími vlastnostmi svítidla. [41]

$$\Phi_z = \frac{\overline{E}_m * A}{z * \eta_e} = \frac{\overline{E}_0 * A}{\eta_e} \quad [lm] \quad (12)$$

Kde:

\overline{E}_m ... udržovaná osvětlenost [lx]

\overline{E}_0 ... počáteční osvětlenost [lx]

A ... velikost osvětlované plochy [m²]

z ... udržovací činitel MF [-], poměr udržované ku počáteční osvětlenosti

η_e ... činitel využití [-], poměr užitečného světelného toku ku vyzařovanému světelnému toku

Pro účely vyhodnocení efektivnosti výměny klasického osvětlení za LED budu zjišťovat, jaký je potenciál možností 1 a 2. Možnost 1 bude zkoumat výměnu původních svítidel za svítidla vhodná pro LED trubice a možnost 2 bude diskutovat najmutí externí firmy, která se o návrh osvětlení kompletně postará.

4.2.1. Návrh a ekonomické vyhodnocení – možnost 1

V této podkapitole mě zajímá, zda by se vyplatila výměna klasických svítidel a výbojových trubíc za LED svítidla a LED trubice. Kromě nároků na teplotu okolí a zvýšenou prašnost by měla svítidla splňovat hygienické požadavky a bezpečnostní certifikace (např. prohlášení o shodě, HACCP - analýza rizik a kritických kontrolních bodů v potravinářství, stupeň krytí IP atd.). Z široké nabídky LED svítidel jsem vybrala Trevos Prima LED Tube 1 572 mm, které jsou vhodné do potravinářských provozů, jsou odolné proti prachu a tryskající vodě (mají stupeň krytí IP66) a jsou kompatibilní s LED trubicemi od značky Philips 2 x 25 W. Běžná cena těchto svítidel je 709 Kč bez DPH a nahradí všech 931 svítidel ve výrobní hale. Protože jejich životnost není v dokumentaci uvedena, rozhodla jsem se provést v 10. roce kompletní výměnu svítidel za nové. [42]

Při výběru vhodných LED trubíc jsem se řídila podle normativních požadavků na minimální hladinu osvětlenosti. Protože zářivky se během doby životnosti opotřebovávají o 30 – 40 %, jako hodnotu počáteční osvětlenosti jsem zvolila 1,35 násobek udržované osvětlenosti 500 lx. Poměr užitečného světelného toku ku vyzařovanému světelnému toku jsem určila z technických vlastností svítidla, které udává, že při světelném toku zdrojů 7 400 lm je světelný tok svítidla 6 880 lm a jeho hodnota je tedy 0,93. Podle vzorce (12) vyšlo, že minimální světelný tok jedné trubice musí být 3 630 lm a díky tomuto výpočtu jsem byla schopná zvolit trubice Philips o délce 1 500 mm se světelným tokem 3 700 lm, dobou životnosti 40 000 hodin a příkonem 25 W. Požadavek na index podání barev, který má být větší, než 80, je splněn. Cena jedné zářivky je přibližně 726 Kč bez DPH za kus a bude potřeba celkem 1 826 kusů. Při celoročním provozu svítidel se uspoří téměř 590 MWh elektrické energie. [41][42][43]

	Původní stav:	Nový stav:	Jednotky:
Počet svítidel	931	931	ks
Počet zářivek v 1 svítidle	2	2	ks
Jednotkový příkon ³	58 + 3	25	W
Celkový příkon	108 + 5,6	47	kW
Doba provozu	8 760	8 760	hod
Životnost zářivky	15 000	40 000	hod
Roční spotřeba elektřiny	995	408	MWh
Cena zářivky bez DPH	45	726	Kč/ks
Cena svítidla bez DPH	---	709	Kč/ks

Tabulka 19 Výměna osvětlení – přehled [42][43]

Aby se nenarušila výroba, je nutné výměnu provádět během odstávek, každá linka je odstavena přibližně po týdnu provozu na 12 hodin. Během odstávky jedné linky se podaří vyměnit cca 5 svítidel, pro 12 linek se tedy během jejich první odstávky vymění 60 svítidel. Časová náročnost procesu bude 16

³ Včetně příkonu předřadníku

odstávek, což je celkem 192 hodin v průběhu čtyř měsíců. Mezi investiční výdaje se kromě nákupu svítidel a trubic musí také započítat montáž nového a demontáž a likvidace stávajícího osvětlení, které patří mezi nebezpečné odpady. Demontáž a následnou montáž je schopna provést externí firma, která se stará o elektroinstalace v pekárně. Její najmutí na výměnu osvětlení bude podnik stát odhadem 238 550 Kč⁴. Likvidaci a předání odpadu do sběrného dvora zajistí jiná externí firma, a protože se jedná o zpětný odběr elektrického odpadu, měla by být tato služba zdarma. Náklady na údržbu spočívají ve výměně trubic po skončení jejich života. Zatímco klasické trubice se musely vyměňovat každé 2 roky (náklady 83 790 Kč), nové trubice bude třeba měnit jednou za 5 let (náklady 1 351 812 Kč).

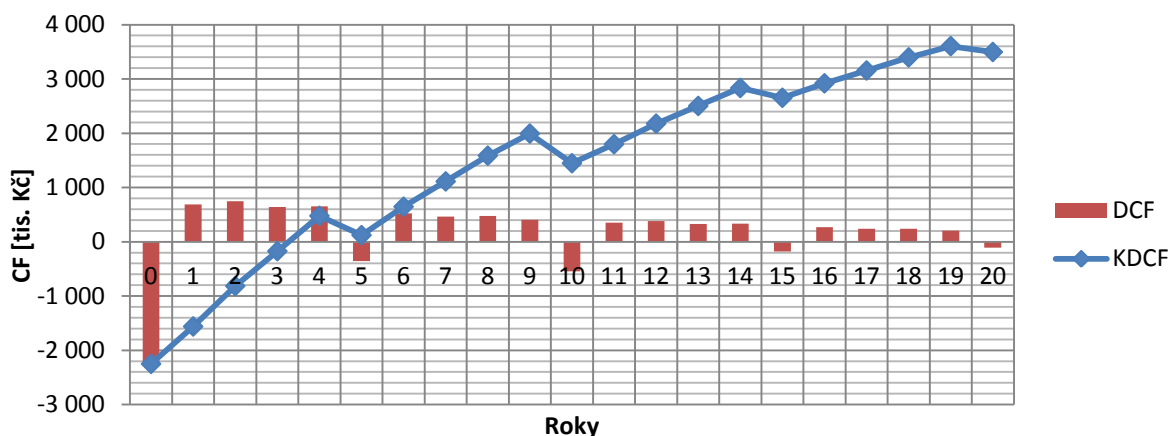
Při modernizaci soustav osvětlení v průmyslových areálech lze zažádat o státní dotaci v programu Úspory energie, který je součástí Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (podrobnosti kapitola 1.2.1) . Do 30. 3. 2018 probíhá druhá výzva programu a je možné podat žádost o podporu, díky které dostane velký podnik až 30 % ze způsobilých výdajů. Mezi způsobilé výdaje patří ty výdaje, které vznikly po podání žádosti o podporu a jedná se např. o projektovou dokumentaci staveb, modernizace inženýrských sítí, technické zhodnocení staveb, zpracování energetického posudku. IRR projektu (bez započítané dotace) za dobu 20 let musí být nižší, než 15 %, jinak nelze podporu čerpat. [44]

Osvětlovací zařízení se řadí do odpisové skupiny 2 s dobou odepisování 5 let. Rozhodla jsem se pro lineární odepisování, kdy se 1. rok odepíše 11 % z investičních výdajů a 2. až 5. rok 22,25 %. Dobu hodnocení stanovuji na 20 let vzhledem k tomu, že výsledky budu srovnávat s výsledky energetického auditu a také vzhledem k takto stanovené době hodnocení v podmínkách dotace. Podle mého názoru je ale doba 20 let pro hodnocení takového projektu příliš dlouhá a může se stát, že podnik za tu dobu přestane existovat nebo se změní jeho charakter. Jako racionální se mi jeví doba hodnocení 10 let. [39]

Protože příkon podniku po výměně osvětlení klesne o 67 kW, do výpočtu započítám i finanční úspory za platby za měsíční rezervovanou kapacitu a příspěvek na POZE. Celkem se jedná o 17 573 Kč měsíčně, tedy 210 975 Kč ročně. Rizikem při zahrnutí úspor z těchto plateb je to, že jejich výše se meziročně může výrazně změnit a tato změna je obtížně predikovatelná. Proto provedu citlivostní analýzu na změnu výši příspěvku na POZE, u kterého lze v budoucnosti očekávat největší úpravy.

Bez započítání dotace je čistá současná hodnota 3 143 891 Kč, diskontovaná doba návratnosti 3,3 roku, a protože vnitřní výnosové procento vychází 27,4 %, není již možné o dotaci zažádat. Pokud by se hodnocení provádělo pouze na 10 let, projekt by byl stále výhodný, čistá současná hodnota by byla 1 325 874 Kč a vnitřní výnosové procento 23,7 %. Výměna LED osvětlení se tedy za daných podmínek vyplatí.

⁴ 4 pracovníci * 250 Kč hodinová sazba * 192 hodin + 50 Kč/ks materiál * 931 ks svítidel = 238 550 Kč



Graf 12 Varianta B, možnost 1 - Průběh Cash flow

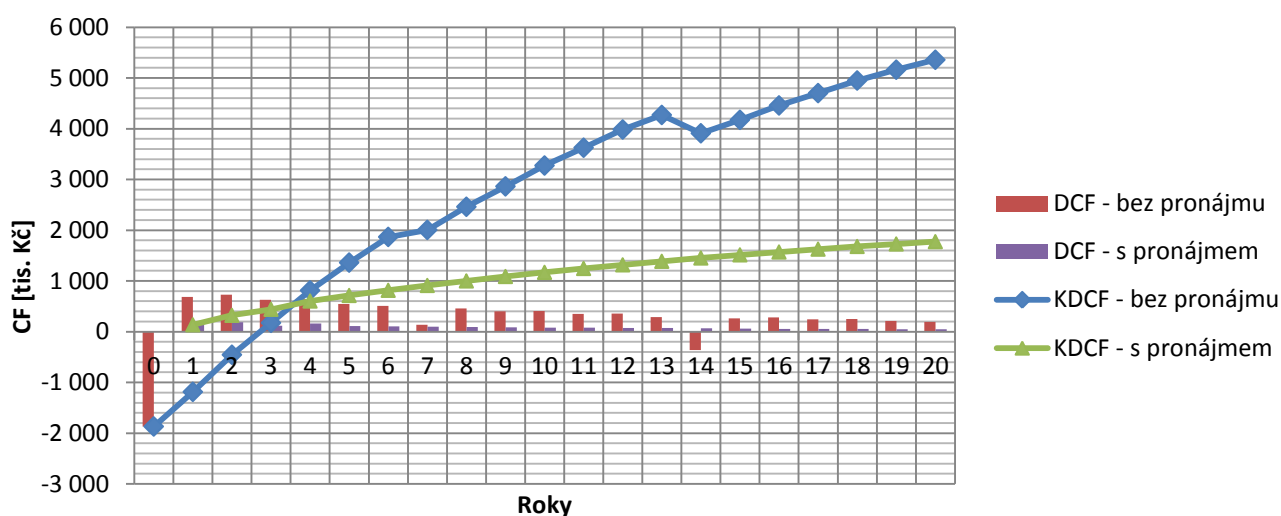
4.2.2. Návrh a ekonomické vyhodnocení – možnost 2

V rámci této možnosti jsem oslovila společnost FAWOO TECH CZ, která se zabývá návrhem osvětlovacích soustav pro průmysl. Společností byla navržena prachotěsná svítidla pro LED trubice typu Valtavalo E3, které jsou dlouhé 2 x 150 cm a mají příkon 2 x 25 W. Užitečný světelný tok svítidel je 5 160 lm a měl by zaručit průměrnou hladinu osvětlenosti 500 lx na pracovní ploše. Pekařna si tato svítidla může zakoupit, nechat nainstalovat a o údržbu se starat sama, nebo si je může pronajímat. Náklady na pronájem zahrnují jak výdaje na pořízení a montáž svítidel, tak náklady na údržbu. Po skončení doby pronájmu je možné pronájem prodloužit společně se zaváděním novějších technologií nebo svítidla přejdou do vlastního majetku pekárny za symbolickou cenu 1 Kč. Ve výpočtu budu předpokládat pronájem po celou dobu hodnocení s navyšováním ceny za pronájem o 5 % každé 4 roky z důvodu využívání nových dražších technologií, díky kterým budou o 5 % růst i úspory. Výhodou tohoto řešení je zejména absence vysoké počáteční investice a její časové rozložení. Náklady na pronájem se zaplatí z úspor na elektrické energii. Cena pronájmu je 1,98 Kč za svítidlo a den. [45]

	Svítidla	Zářivky	Jednotky
Cena	470	621	Kč/ks
Počet	931	1 862	ks
Doba životnosti	125 000	55 000	hod
Náklady na montáž	294	---	Kč/ks
Celkové inv. výdaje – bez pronájmu	1 867 586		Kč
Délka pronájmu	4		roky
Náklady na pronájem	672 834		Kč/rok

Tabulka 20 Nabídka externí firmy [45]

Ekonomické hodnocení jsem provedla jak pro situaci, kdy firma pronájem využije, tak pro situaci, kdy si nechá osvětlení nainstalovat externí firmou a údržbu bude provádět sama. Protože úspora elektrické energie 25W zářivek bude v obou případech stejná, záleží pouze na velikosti investice a nákladech na pronájem. Doba hodnocení je jako u možností výše 20 let. Zjistila jsem, že pokud firma pronájem nevyužije, čistá současná hodnota projektu bude 3 krát vyšší (5 359 012 Kč), než kdyby ho využila (1 774 511 Kč). To je dáno tím, že k pronájmu se připočítává i marže pronajímatele a za 4 roky se na pronájmu zaplatí více, než jaká by byla počáteční investice u situace bez pronájmu. Diskontovaná doba návratnosti je 2,7 roku u situace bez pronájmu.



Graf 13 Varianta B, možnost 2 - Průběh Cash flow

4.2.3. Porovnání všech možností pro výměnu osvětlení za LED svítidla

V této části se budu věnovat porovnání těchto možností výměny osvětlení: vlastní návrh (možnost 1), nabídka firmy FAWOO TECH CZ (možnost 2) – situace bez pronájmu a s pronájmem a návrh z energetického auditu (podrobnosti v kapitole 3). Protože způsob vyhodnocení z energetického auditu není znám (není jasné, zda je respektována životnost a výměny svítidel během 20 let), porovnání provedu pomocí měrné jednotky Kč/kWh, která vznikne podílem investičních výdajů a roční ušetřené elektřiny v kWh⁵. Hledám minimum tohoto podílu.

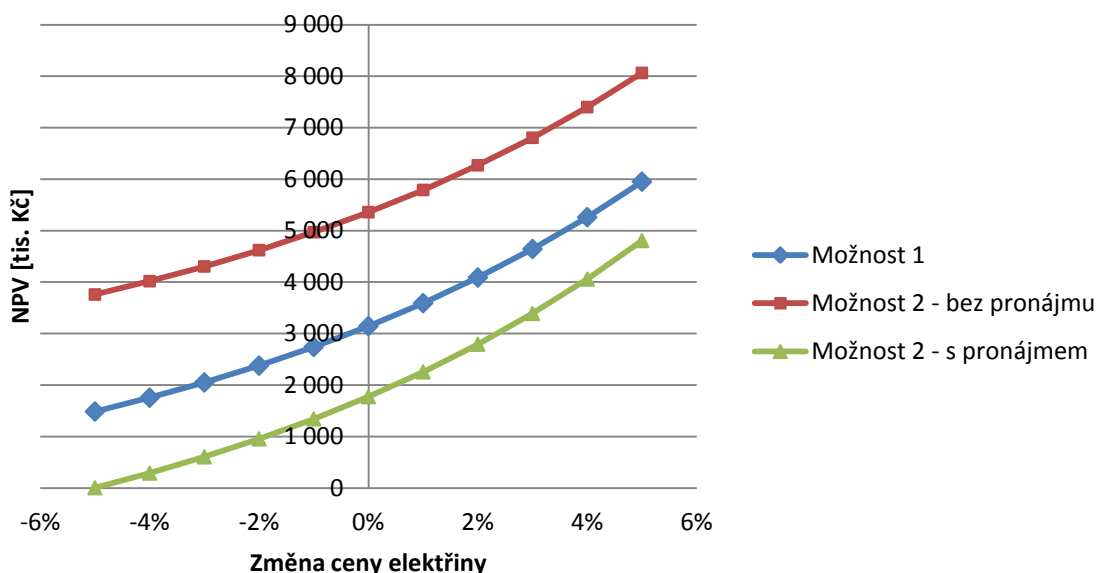
V Tabulce 21 je vidět, že jako nejvýhodnější se jeví možnost 2 – bez pronájmu. Měrné investiční výdaje na ušetřenou jednotku elektřiny činí 3,2 Kč/kWh, zatímco u pronájmu to jsou 3,9 Kč/kWh. Možnost 1 – vlastní návrh se liší velikostí počáteční investice a dobou životnosti zářivek a kvůli tomu jsou její měrné výdaje 3,8 Kč/kWh. Nejvhůře dopadlo řešení z energetického auditu, které (i přes deklarované vysoké NPV) má podíl investice a roční ušetřené elektřiny nejvyšší – 8,6 Kč/kWh.

⁵ U možnosti 2 – s pronájmem spočítám současnou hodnotu pronájmu za roky 1 – 4 a poté dělím roční úsporou elektřiny v kWh.

	Možnost 1	Možnost 2 - bez pronájmu	Možnost 2 - s pronájmem	Energetický audit	Jednotky
Velikost investice	2 250 441	1 867 586	2 279 030	3 709 800	Kč
Roční ušetřená elektřina	587	587	587	432	MWh
Podíl ř. 1 a ř. 2	3,8	3,2	3,9	8,6	Kč/kWh
NPV - pro r = 4%	4 353 816	7 282 234	2 277 402	4 612 000	Kč
IRR	27%	40%	---	16%	
Td	3,3	2,7	---	8	roky

Tabulka 21 Porovnání všech možností výměny osvětlení

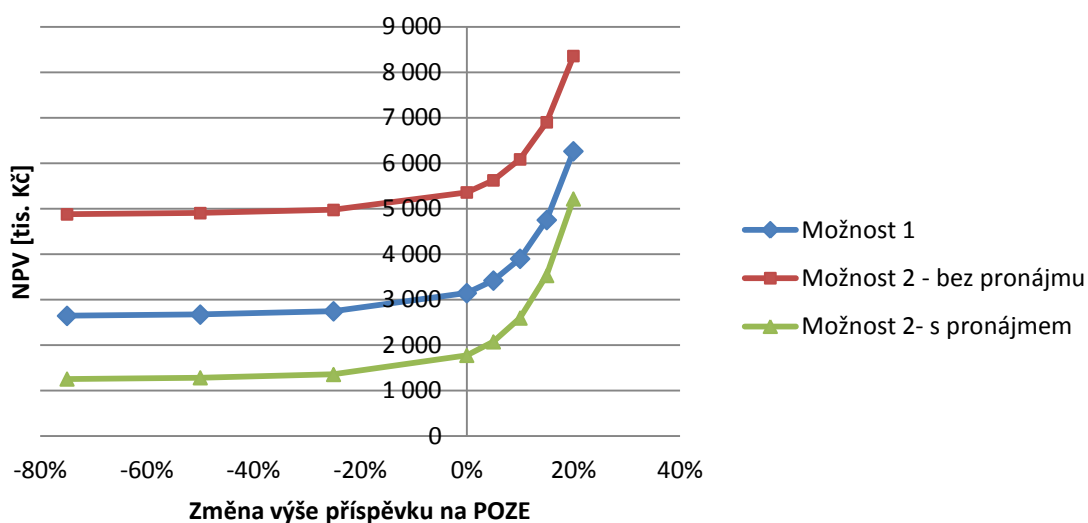
4.2.4. Citlivostní analýza na změnu ceny elektřiny



Graf 14 Varianta B - Citlivostní analýza na změnu ceny elektřiny

Tato citlivostní analýza ukázala, že pokud bude cena elektřiny (variabilní složka vztažená na MWh) meziročně po dobu 20 let klesat o více, jak 5 %, výměna osvětlení využitím pronájmu se přestane vyplácet. V ostatních případech mohou říct, že ve sledovaném intervalu změn bude NPV kladné a podnik by na výměně osvětlení neměl prodělat. Pokud cena elektřiny poroste, budou se zvětšovat úspory a v důsledku toho i NPV projektu. Je pravděpodobné, že cena elektřiny bude spíše klesat než růst, protože se zvětšujícím se množstvím decentrálních zdrojů roste i nabídka (často levné) elektřiny. Cenové výkyvy jsou ale velmi závislé na situaci na burze.

4.2.5. Citlivostní analýza na změnu příspěvku na POZE



Graf 15 Varianta B - Citlivostní analýza na změnu příspěvku na POZE

Na rozdíl od ceny elektřiny je velikost příspěvku na POZE dána vnitřní politikou státu a během sledovaného období se může výrazně měnit v obou směrech. V rámci citlivostní analýzy jsem sledovala interval meziroční změny od poklesu o 75 % po růst o 20 %. Výše NPV u všech možností zůstala kladná a na Graf 15 je vidět, že pokud by se příspěvek neustále zmenšoval, efektivnost projektu by to neohrozilo. Pokud by se příspěvek meziročně pravidelně zvyšoval, NPV by rostlo geometrickou řadou.

4.2.6. SWOT analýza

Silné stránky: Úspora nákladů na elektřinu (ročně se jedná o 641 851 Kč), snížení aktuálního příkonu o 67 kW, až 3x delší životnost svítidel, odstranění trubíc se rtuť z prostoru výroby

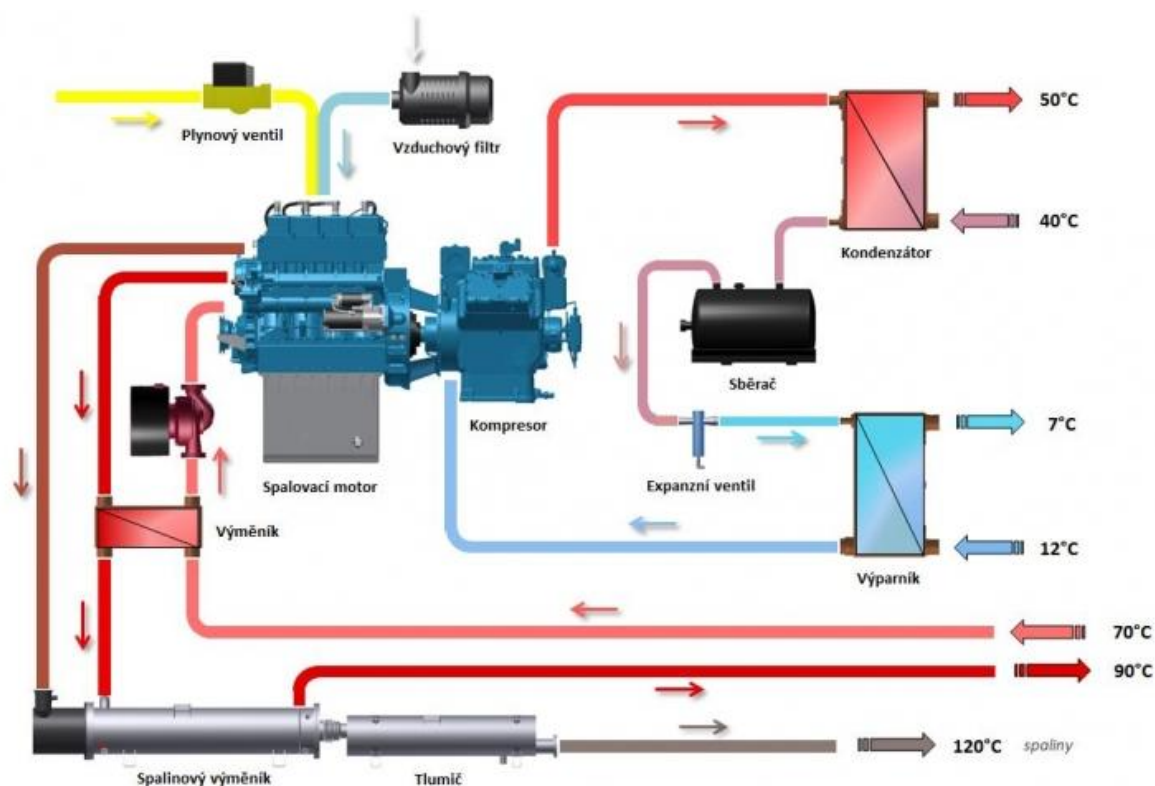
Slabé stránky: Změna světelných podmínek ve výrobě, nutnost investice v řádech jednotek milionů, výměna LED trubíc znamená vyšší náklady z důvodu jejich vyšší ceny

Příležitosti: Snížení energetické náročnosti budovy

Hrozby: Poruchy svítidel, degenerace zářivek před koncem doby životnosti, skoková změna cen za rezervovanou kapacitu

4.3. Varianta C – Možnosti plynového tepelného čerpadla

Princip plynového tepelného čerpadla (GHP) se od principu klasického tepelného čerpadla liší zejména tím, že kompresor je poháněn plynovým motorem a na výstupu se díky tomu získá mimo jiné i teplo ze spalin a z chlazení motoru, které je předáno topné vodě s teplotním spádem 90/70 °C. Ta může být využita k vytápění nebo k ohřevu páry do parních vyvíječů. Teplá voda s teplotním spádem přibližně 50/40 °C, která v kondenzátoru ochlazuje páry chladiva, může být použita do klimatizace nebo k ohřevu TUV. Do výparníku vstupuje vratná ledová voda, která může mít obecně teplotní spád například 12/7 °C a po odevzdání tepla k odpaření chladiva ji lze použít k technologickým účelům. Výhodou tohoto nasazení je například vyšší účinnost při nižších venkovních teplotách, při kterých už klasické tepelné čerpadlo není schopné účinně pracovat a výrobcem deklarovaná krátká doba návratnosti. [46]



Obrázek 11 Základní schéma GHP jednotky TEDOM [47]

4.3.1. Návrh a ekonomické vyhodnocení

Tato technologie by se dala využít jak ve stávajícím systému, tak v nové soustavě vznikající při rozšiřování podniku. Vybrala jsem GHP jednotku Tedom Polo 100, protože disponuje relativně velkými výkony, které jsou závislé na typu použitého chladiva. Pro instalaci do stávajícího systému, který v klimatizaci využívá teplotní spád 60/40 °C, by se hodilo chladivo R 134a (tetrafluorethan), díky kterému dosahuje tepelné čerpadlo těchto výkonů: chladicí výkon 68,5 kW_{ch} pro teplotu ledové vody 3 °C, topný výkon 50,4 kW_t pro teplotní spád vody 90/70 °C a topný výkon 102 kW_t pro teplotní spád

vody 60/40 °C. Příkon v palivu je 96 kW, elektrický příkon čerpadel je tak malý, že ho je možné zanedbat. Investiční výdaje na plynové tepelné čerpadlo a základní instalaci se pohybují okolo 1,5 mil Kč, je třeba však připočítat výdaje za dopravu, montáž, stavební úpravy stávajícího systému a zavedení měření a regulace v odhadované hodnotě 1 mil Kč. Generální oprava se běžně dělá po 48 000 motohodinách provozu a její finanční náročnost odhaduji na 50 % z výdajů vynaložených na tepelné čerpadlo a jeho základní instalaci. Základní údržba je plánována po 3 000 hodinách provozu a vyjde přibližně na 84 000 Kč ročně (14 Kč/hodinu provozu, celkem dvakrát za rok). Zároveň navrhuji plný provoz čerpadla v období říjen – květen (5 840 hodin) a provoz na poloviční výkon z důvodu malé poptávky po teple v období červen – září (2 920 hodin). [48]

Co se týče nové výstavby v rámci rozšiřování podniku, plynové tepelné čerpadlo bych navrhla jako alternativu ke klasickým kotlům. Protože by byla nová soustava dimenzována s respektováním této technologie (konkrétně by se musel navrhnout systém pro nižší teploty topné vody jdoucí do klimatizace), bylo by možné použít chladivo R 507 (směs uhlovodíků), které by umožnilo použít větší výkony čerpadla (chladicí výkon 114 kW_{ch}, 69 kW_t pro teplotní spád 90/70 °C a 160 kW_t pro teplotní spád 50/40 °C). Vznikla by zde i úspora investičních výdajů (odhad 100 000 Kč), protože by nebylo nutné provádět stavební úpravy a instalace by byla jednodušší. Do nové tepelné soustavy by bylo navíc možné koupit menší zdroje. Protože toto čerpadlo má větší tepelný výkon, v provozu by bylo pouze v období listopad až duben celkem 4 380 hodin. To by mělo pozitivní vliv na náklady na údržbu, které by se prováděly průměrně jednou za rok po 4 380 hodinách provozu a generální oprava v hodnotě 750 000 Kč by byla nutná až v 11. roce. [48]

Teplo, které je produktem plynového tepelného čerpadla, by se jinak muselo vyrobit v plynových kotlích. Při uvažování účinnosti kotlů 92 % zjišťuji, že po instalaci tepelného čerpadla vzniká úspora ze spotřeby zemního plynu ve výši 570 MWh pro stávající systém a 606 MWh pro novou výstavbu. To je při ceně ZP 586,5 Kč/MWh více, jak 300 000 Kč ročně.

Při zjišťování úspor elektřiny u výroby technologické ledové vody pracuji s *Přílohou 4* a *Tabulkou 6*. Odhad provádím tak, že z celkové roční spotřeby elektřiny strojovny 2, která je nyní zdrojem chladu pro výrobu ledové vody v okruhu čpavek – glykol, a instalovaného elektrického příkonu všech kompresorů zjistím dobu využití instalovaného příkonu. Tuto dobu pak vynásobím instalovaným elektrickým příkonem čpavkových kompresorů, které pracují pouze do okruhu čpavek – glykol (od sumy příkonů kompresorů NH₃ odečtu tedy část příkonu těch, které pracují zároveň do okruhu s CO₂). Poté zjistím instalovaný chladicí výkon kompresorů v okruhu čpavek – glykol a vytvořím měrnou spotřebu kompresorů v kWh/kW_{ch}. Vzniklé číslo vynásobím chladicím výkonem GHP a tím dostanu úsporu elektřiny oproti výrobě ledové vody pomocí kompresorů. Ročně bude úspora elektřiny 98 MWh u stávajícího systému a 109 MWh u nové výstavby, což je při ceně 1 093 Kč/MWh přes 100 000 Kč ročně. Dojde také k úsporám emisí znečišťujících látek, jako jsou CO₂, CO a oxidy dusíku.

	Stávající systém	Nová výstavba	Jednotky
Chladivo	R134a	R507	
Počet hod plný výkon	5 840	4 380	hod
Počet hod 50 % výkon	2 920	0	hod
Chladicí výkon	68,5	114,0	kW _{ch}
Topný výkon 90/70 °C	50,4	69,0	kW _t
Topný výkon 60/40 °C	102,0	---	kW _t
Topný výkon 50/40 °C	---	160,0	kW _t
Příkon v palivu	96,0	127,5	kW
Investiční výdaje	2 500	2 400	Tis. Kč
Náklady na údržbu	84 000	61 320	Kč
Generální oprava během 10 let	1x	0x	
Roční úspora ZP	570	606	MWh
Roční úspora elektřiny	98	109	MWh

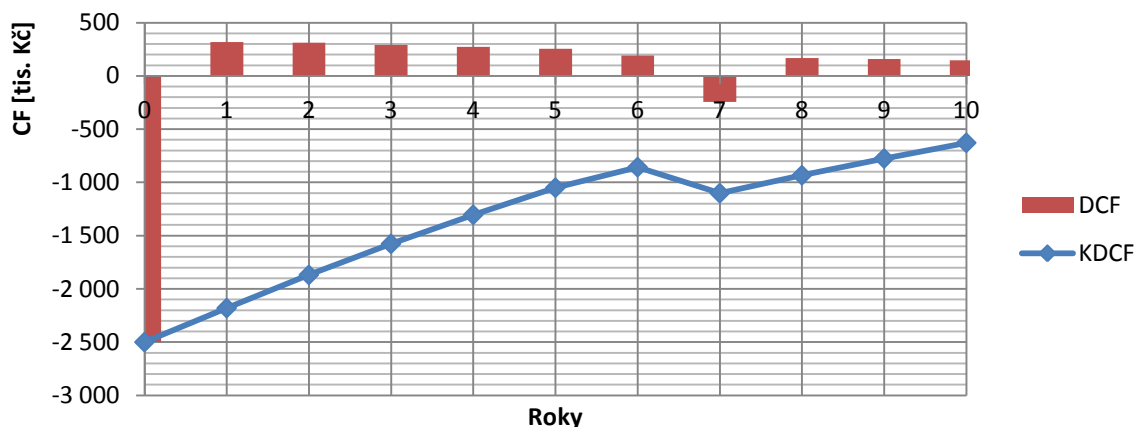
Tabulka 22 Plynová tepelná čerpadla – srovnání [48]

Plynová tepelná čerpadla patří stejně jako osvětlovací soustavy do 2. odpisové skupiny, předpokládaná doba provozu činí 10 let. Po vypočítání kritérií ekonomické efektivity jsem došla k závěru, že i když je tato technologie velmi zajímavá, ve stávajícím provozu se ji bez dotace nevyplatí instalovat. NPV projektu je - 628 231 Kč a IRR činí 0,3 %. Pokud by podnik dostal v rámci programu Úspory energie (popsáno výše) státní dotaci v plné výši 30 % způsobilých výdajů, ekonomické ukazatele počítané na dobu 10 let by se výrazně zlepšily. NPV by vzrostlo na 107 120 Kč, IRR na 8,5 % a diskontovaná doba návratnosti by se naopak snížila na 9,3 roku. Minimální výše finanční podpory, která by zajistila návratnost prostředků do konce sledovaného období, je 26 % z investičních výdajů. V praxi ale s touto dotací nejsou podle mých informací zkušenosti, takže není zaručeno, že by podnik byl takto finančně podpořen. [39]

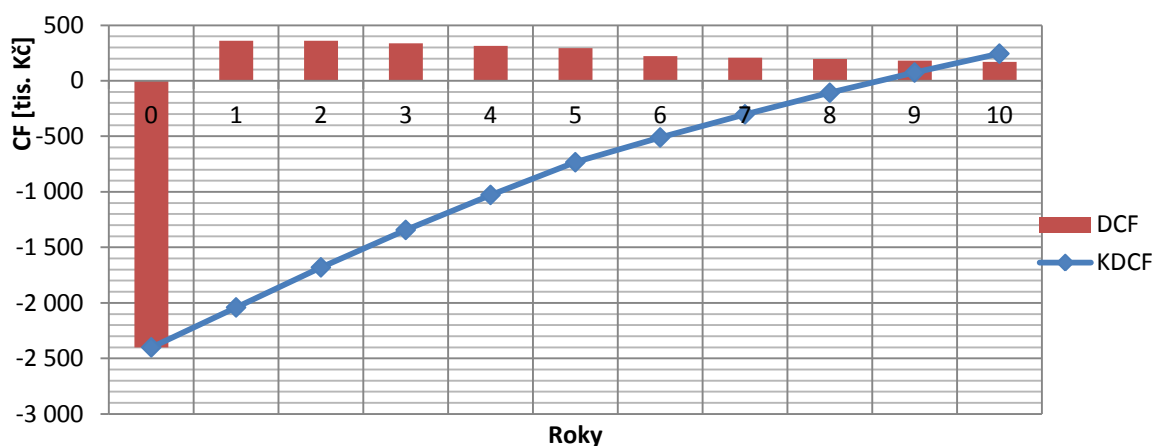
V nově budovaném provozu je ale situace jiná. Díky menším investicím, menším nákladům na údržbu a větším úsporám lze předpokládat, že se investiční výdaje vrátí po 8,5 letech provozu. NPV je 244 461 Kč a IRR 9,3 %. Při hodnocení na 20 let bude IRR 13,2 %, takže zde existuje možnost využití dotačního programu.

	Stávající systém	Nová výstavba	Jednotky
Diskont	7	7	%
Doba hodnocení	10	10	roky
NPV	- 628 231	244 461	Kč
IRR	0,3	9,3	%
T _p	9,9	6,5	roky
T _d	-	8,5	roky

Tabulka 23 Varianta C - Ekonomické vyhodnocení - přehled



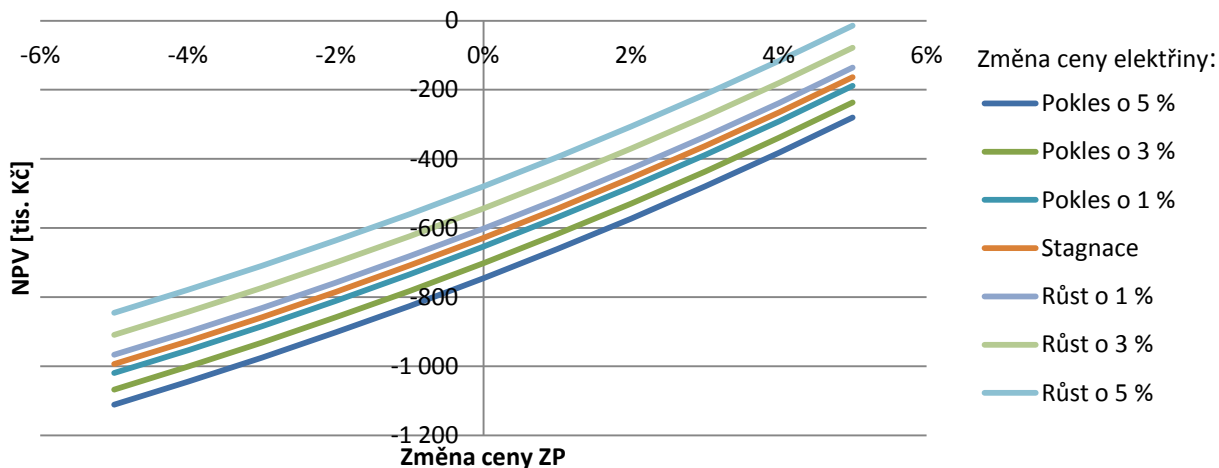
Graf 16 Varianta C - Průběh Cash flow pro instalaci GHP do stávajícího systému



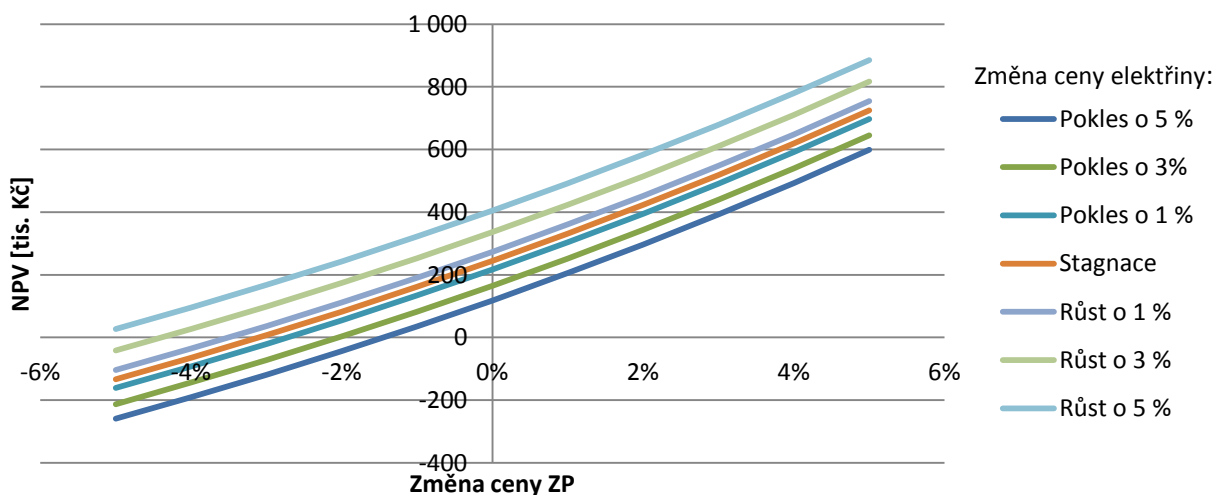
Graf 17 Varianta C - Průběh Cash flow po instalaci GHP do nového systému

4.3.2. Citlivostní analýza

Citlivostní analýza je provedena pro obě možnosti instalace. Sledují změnu NPV při změně ceny plynu a zároveň při změně ceny elektřiny. Protože při růstu cen obou komodit budou růst i úspory, platí, že čím větší růst, tím se projekt více vyplatí (nebo méně prodělá). Naopak pokud budou ceny klesat, tím bude projekt méně ziskový (resp. více ztrátový). Ve sledovaném intervalu změny cen - 5 % až 5 % je NPV u investice do stávajícího systému vždy záporné, což znamená, že instalace plynového tepelného čerpadla se při různé změně cen v tomto intervalu nemůže vyplatit. Aby se investice do stávajícího systému vrátila do 10 let, musely by ceny ZP růst například o 6,1 % a zároveň ceny elektřiny o 1,7 %. U instalace v novém systému se ne vždy NPV pohybuje v kladných hodnotách. Pokud budou ceny elektřiny klesat o 5 % a zároveň ceny plynu o 1,5 % nebo ceny elektřiny růst o 3 % a ceny ZP klesat o 4,4 %, je pravděpodobné, že by se na provozu GHP prodělalo. Pokud bude cena elektřiny meziročně stoupat o 5 % a cena ZP klesat o stejnou hodnotu, projekt bude stále ziskový.



Graf 18 Varianta C - Citlivostní analýza pro instalaci tepelného čerpadla do stávajícího systému



Graf 19 Varianta C - Citlivostní analýza pro instalaci tepelného čerpadla do nového systému

4.3.3. SWOT analýza⁶

Silné stránky: Úspora ročních nákladů na ZP ve výši 355 474 Kč a na elektřinu ve výši 118 779 Kč

Slabé stránky: Vyšší investiční výdaje oproti plynovým kotlům (zhruba o 1,5 milionu Kč)

Příležitosti: Snížení spotřeby ZP o 606 MWh a elektřiny o 109 MWh, menší emise CO₂ oproti výrobě stejného množství tepla v plynovém kotli

Hrozby: Snížení doby provozu např. z důvodu teplé zimy, což by způsobilo menší roční úspory

⁶ Pro instalaci do nově vznikajících výrobních prostor

4.4. Varianta D – Kogenerace

Vzhledem k tomu, že v následující kapitole budu vyhodnocovat spojení kogenerační jednotky (KGJ) s absorpční jednotkou (ACHJ), zajímalo mě, zda by se vyplatila instalace samotné KGJ jako základního zdroje tepla pracujícího během zimního období. Kogenerační jednotky se vyrábí ve velkém rozsahu výkonů, v závislosti na použité pohonné jednotce. U mikrokogenerace, kde se tepelný výkon pohybuje do 50 kW_t, se používá Stirlingův motor nebo mikroturbína, v případě větších instalací v průmyslových podnicích se nejčastěji využívá spalovacích motorů na ZP nebo bioplyn.

Důvodů, proč do provozu zavádět KGJ je několik. Prvním může být decentralizace podnikové energetiky, kdy se omezí závislost na externích zdrojích tepla a elektřiny. Druhým důvodem je snaha o efektivní využívání primární energie, která by byla jinak mařena v elektrárnách. Třetím důvodem je podpora od státu ve formě Zelených bonusů za vyrobenou elektřinu, které výrazně zlepšují ekonomické hodnocení projektu. Tyto bonusy vyhláší na příslušný rok ERÚ, výplatu provádí OTE po provedení registrace. Výše Zelených bonusů je odstupňována podle ročního provozu a elektrického výkonu jednotky. V minulosti byl výsledný bonus dán součtem základní a doplňkové sazby, v aktuálně platném Cenovém rozhodnutí ERÚ č. 2/2017 je sazba pouze jedna a při současném poskytování nevratné investiční podpory z veřejných prostředků je třeba ji snížit o redukční faktor. Poskytované Zelené bonusy a vzorce pro výpočet redukčního faktoru jsou uvedeny v *Příloze 5*. Podle zákona 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie mají na podporu ve formě Zelených bonusů nárok pouze ty provozovny, které dosáhnou kladné hodnoty úspory primární energie (nebo větší, než 10 % pro výrobní s instalovaným elektrickým výkonem nad 1 MW_e) oproti oddělené výrobě. Podrobný vzorec pro výpočet UPE je v *Příloze 6*. Celková účinnost KGJ se spalovacím motorem musí být podle vyhlášky č. 37/2016 Sb. minimálně 75 %. Mezi výrobce kogeneračních jednotek patří firmy TEDOM nebo Motorgas. [49][50][51]

4.4.1. Návrh a ekonomické vyhodnocení

Ideální hodnota tepelného výkonu KGJ by měla být v rozmezí 160 – 200 kW_t, aby byl zajištěn nepřetržitý provoz jednotky v období listopad až duben. Vyrobená elektřina bude zcela využita pro vlastní spotřebu podniku a nebude dodána do distribuční soustavy (vzhledem k DDZ podniku je zaručeno, že elektřina nebude přetékat do distribuční sítě). Pro instalaci do nové výstavby výrobních prostor jsem vybrala jednotku Tedom Cento T160 na zemní plyn v protihlukovém provedení, jejíž základní parametry jsou v *Tabulce 24*, kompletní technická specifikace v *Příloze 7*. Při výběru velikosti jsem se řídila DDZ kotelny 6 (kapitola 2.3.3) a průběhem jejího zatížení během roku 2016, protože předpokládám, že nová výstavba bude mít podobně nadimenzované technické zázemí, jako mají linky L6 až L9 a P1 + P2. Investiční výdaje na pořízení KGJ jsou 2 993 500 Kč, výdaje na projekt a vyvedení výkonu odhaduji na 150 000 Kč. Náklady na dopravu a montáž mohou být až 1 milion Kč, celkové

investiční výdaje tedy budou v hodnotě 4 143 500 Kč. Údržba jednotky, která zahrnuje např. výměnu oleje nebo kontrolní činnosti, stojí 0,2 Kč/kWh vyrobené elektřiny a podle závažnosti zásahu ji může provádět obsluha jednotky nebo servisní organizace. Celková roční doba provozu jednotky je plánována na 4 350 hodin v období listopad – duben, a protože se generální oprava dělá po 63 000 motohodinách provozu, životnost KGJ je 14 let. [52]

Jmenovitý elektrický výkon	164	kW
Maximální tepelný výkon	221,0	kW
Účinnost výroby tepla při 100 % zatížení	50,9	%
Účinnost výroby elektřiny při 100 % zatížení	37,8	%
Celková účinnost (využití paliva) při 100 % zatížení	88,7	%
Tepelný výkon v okruhu - využitelné v trigeneraci	209	kW
Jmenovitá teplota vody vstup/výstup	70/90	°C
Teplota vratné vody min/max	40/70	°C

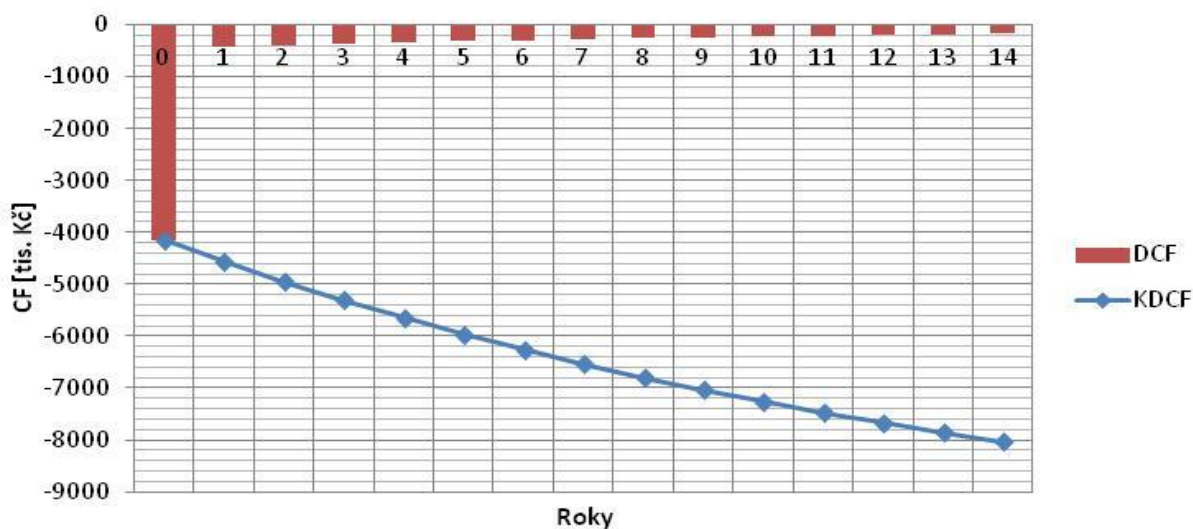
Tabulka 24 Základní parametry kogenerační jednotky Tedom Cento T160 [52]

Pro výrobu 961 MWh tepla a 713 MWh elektřiny se spotřebuje 2 153 MWh zemního plynu, což znamená, že roční náklady na palivo budou při ceně 586,5 Kč/MWh celkem 1 262 503 Kč. Náklady na opravy a údržbu budou podle množství vyrobené elektřiny 142 680 Kč ročně. Osobní náklady nebudou do hodnocení zařazovat, protože obsluha kotelný je v zaměstnaneckém poměru společnosti a musela by být přítomna i v případě, že by výroba tepla probíhala v klasických kotlích. Mezi výnosy se řadí úspory z nákupu elektřiny (779 796 Kč), Zelené bonusy v hodnotě 1 505 Kč/MWh vyrobené elektřiny vyplácené po celou dobu provozu (1 073 667 Kč) a úspory za snížení měsíční rezervované kapacity o 164 kW (181 048 Kč).

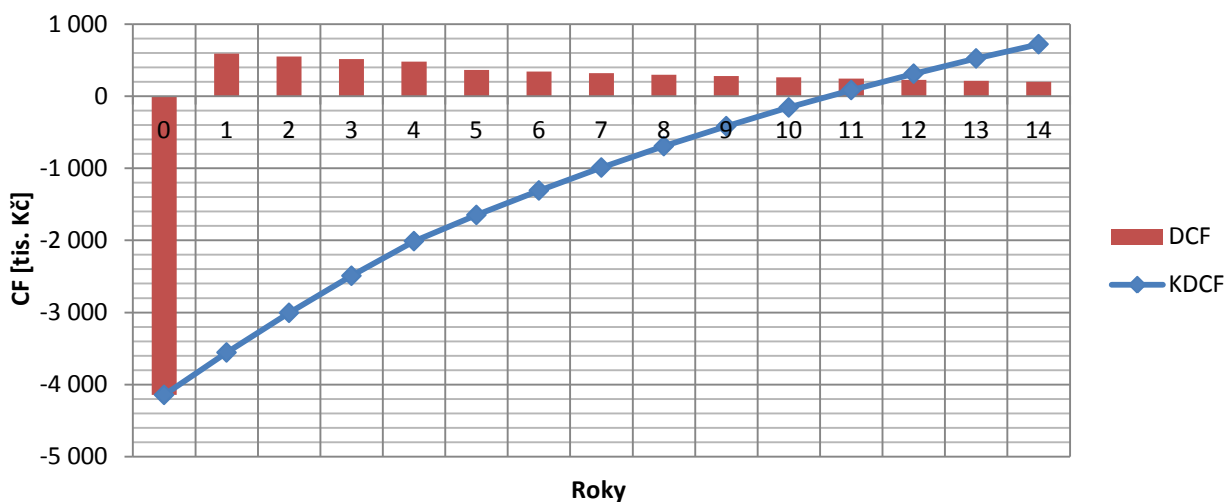
KGJ jsou zařazeny do 2. odpisové skupiny s dobou odepisování 5 let, odepisovat budou lineárně. Podle životnosti jednotky určí dobu hodnocení na 14 let. Při nulovém meziročním růstu cen elektřiny a plynu a bez zahrnutí Zelených bonusů není ekonomické hodnocení příznivé. NPV bude mít zápornou hodnotu -8 029 451 Kč a investiční výdaje projektu se nevrátí. Pokud ovšem Zelené bonusy do hodnocení zahrnu, NPV se zvýší na 719 570 Kč, IRR bude 10 % a diskontovaná doba návratnosti 10,7 let. Projekt bych v tomto případě doporučila k realizaci. Úspora primárního paliva je 17,3 %, což v praxi znamená, že výrobní nárok na podporu pomocí Zelených bonusů má. Celková účinnost jednotky je 78 %, což splňuje požadavek daný vyhláškou. [39]

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje	%	78
2	Roční účinnost výroby elektrické energie	%	33
3	Roční účinnost výroby tepla	%	45
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ/MWh	4,6
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ	1,3
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu	hod	4 350
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu	hod	4 350

Tabulka 25 Základní technické ukazatele KGJ podle vyhlášky 480/2012 Sb.

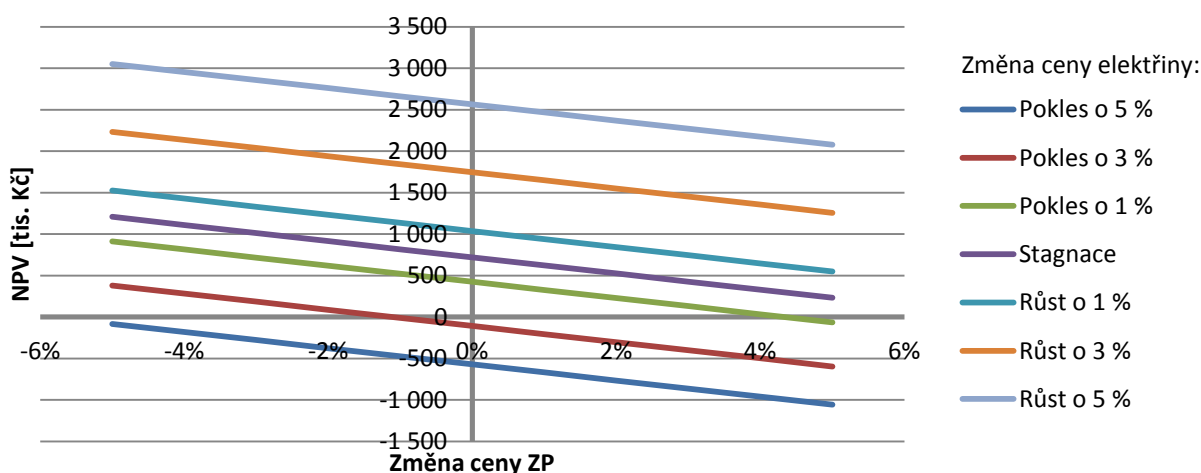


Graf 20 Varianta D - Průběh Cash flow bez zahrnutí Zelených bonusů



Graf 21 Varianta D – Průběh Cash flow se zahrnutím Zelených bonusů

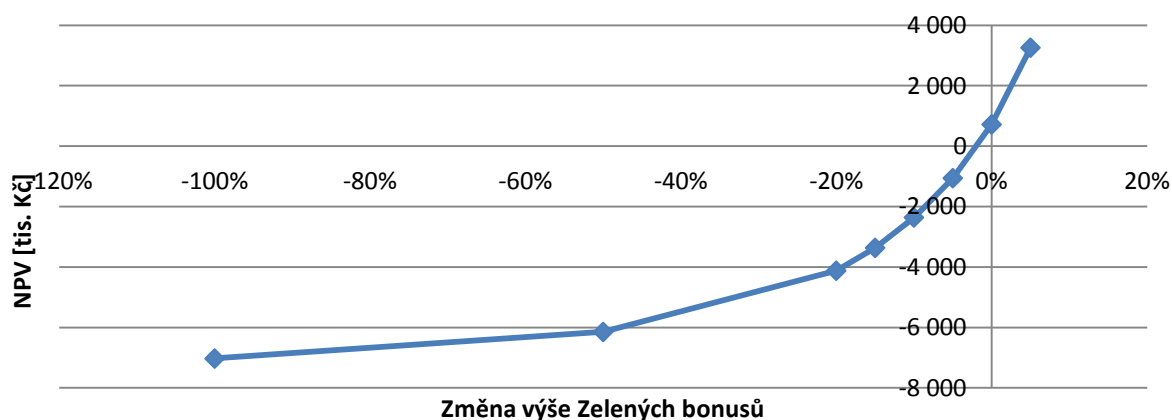
4.4.2. Citlivostní analýza na změnu cen elektřiny a plynu



Graf 22 Varianta D - Citlivostní analýza na změnu cen elektřiny a plynu, výpočet se Zelenými bonusy

Podobně jako u Varianty C – Plynové tepelné čerpadlo sledují pohyb NPV při současné změně cen elektřiny a plynu. Je vidět, že nejpříznivějším scénářem je pokles cen plynu a růst cen elektřiny, kdy NPV překročí hodnotu až 3 miliony Kč. Naopak nejhorším scénářem je opačný případ, tedy pokles cen elektřiny a růst cen plynu. Konkrétní kombinace, kdy NPV dosáhne záporné hodnoty je například meziroční pokles cen elektřiny o pouhé 1 % a současný růst ceny plynu o 4,4 % během celé doby hodnocení.

4.4.3. Citlivostní analýza na změny výše Zeleného bonusu na elektřinu



Graf 23 Varianta D - Citlivostní analýza na změnu výše Zeleného bonusu

Při výpočtu se jasně ukázalo, že výplata Zelených bonusů je pro výrobce elektřiny a tepla z KVET klíčová. I v případě, pokud by jejich výše klesala pouze o 5 %, projekt by se už nevyplatil. Podle mého názoru bonusy představují největší riziko KVET, protože jejich určení závisí na nepředvídatelném ERÚ.

4.4.4. SWOT analýza

Silné stránky: Úspora ročních nákladů z nákupu elektřiny ve výši 779 796 Kč, snížení měsíční rezervované kapacity o 164 kW, Zelené bonusy

Slabé stránky: Výrazně vyšší investiční výdaje oproti plynovým kotlům i oproti GHP (zhruba o 3,5 milionu Kč oproti kotlům a o 1,6 milionu Kč oproti GHP)

Příležitosti: Spotřeba tepelné a elektrické energie v místě výroby a tím snížení konečných ztrát

Hrozby: Snížení či zrušení Zelených bonusů, skokové zvýšení ceny ZP

4.5. Varianta E – Trigenerace

Trigenerací se označuje společná výroba elektřiny, tepla a chladu. Je založena na spojení kogenerační jednotky, která zajišťuje výrobu elektřiny a tepla a absorpční chladicí jednotky, která je zodpovědná za výrobu chladu. Toto spojení může být realizováno různými způsoby, ve kterých je elektřina vyráběna vždy. Prvním nejčastějším způsobem je instalace spalínového výměníku do kogenerační jednotky, kdy lze v zimě dodávat pouze teplo a v létě pouze chlad (Obrázek 12). Druhým způsobem je souběžná produkce obou forem energie díky umístění spalínového výměníku do absorpční jednotky (Obrázek 13). Výhodou trigeneračního zapojení je využití KGJ i v letních měsících a s tím související úspora elektrické energie oproti výrobě chladu pomocí kompresorů a také úspora plateb za elektřinu, pokud se elektřinu z KGJ rozhodne podnik využít pro vlastní spotřebu. Velkou nevýhodou je však velká počáteční investice, dále náklady na údržbu celé technologie a také prostorová náročnost, jelikož k absorpční jednotce je nutné nainstalovat chladicí věž. Na rozdíl od kogenerace není trigenerace tolik rozšířená, v ČR jsou známé instalace v Plzeňském Prazdroji nebo v Dolních Vítkovicích v multifunkční hale Gong. [53]

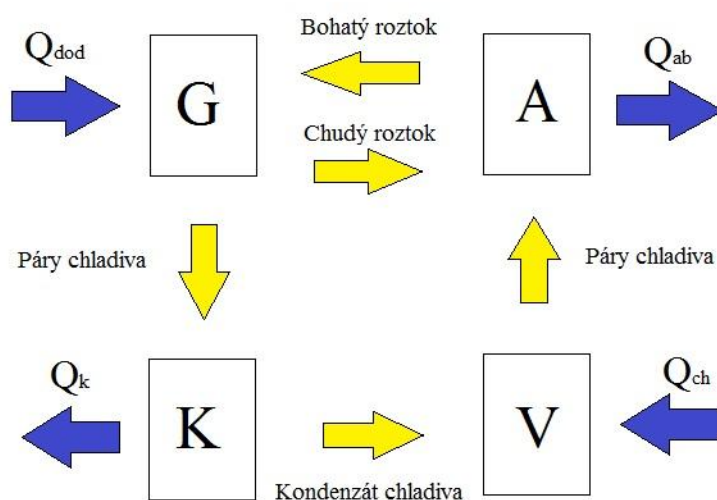


Obrázek 12 Zapojení trigenerace pro dodávku tepla v zimě a chladu v létě [53]



Obrázek 13 Zapojení trigenerace pro souběžnou dodávku tepla a chladu [53]

Výhody výroby elektřiny a tepla v kogeneraci v průmyslových podnicích byly popsány v kapitole 4.4., takže se zde zaměřím na popis chladicí části. Absorpční jednotka se skládá ze 4 základních bloků. Generátoru, kondenzátoru, výparníku a absorbérů. Hlavní pracovní látkou v okruhu je dvojice absorbent – absorbát. Absorbentem je kapalina, která je schopna pohlcovat a vypuzovat páry chladiva, čili absorbátu. Nejčastější kombinací je roztok LiBr a vody, ve kterém voda hraje roli chladiva. Pro dosažení nízkých teplot pod 0 °C lze také použít kombinaci NH₃ a vody, kde voda je naopak absorbentem. Zjednodušený princip je zobrazen na Obrázku 14. V generátoru (G) se nachází nasycený roztok obou látek. Po dodání tepla Q_{dod} (např. přímým ohřevem nebo z externího zdroje – KGJ) se páry absorbátu odpaří a jsou zavedeny do kondenzátoru (K), vzniklý chudý roztok je přečerpán do absorbérů (A). Páry chladiva zkondenzují po střetu s chladicí vodou a ve výparníku (V) se poté za nízkého tlaku odpaří. Odeberou tak teplo hlavnímu produktu jednotky chlazené vodě, a v absorbérů dojde k opětovnému vytvoření bohatého roztoku. Dodavateli absorpčních jednotek do ČR jsou např. firmy Sokra nebo Johnson Controls. [54]



Obrázek 14 Princip absorpční jednotky

4.5.1. Návrh a ekonomické vyhodnocení

Pro využití trigenerace v pekárně se dle mého názoru nejvíce hodí zapojení pro výrobu tepla v zimě a chladu v létě, jelikož u druhého typu zapojení by mohlo docházet k maření tepla. Velikost kogenerační jednotka bude stejná, jako v kapitole 4.4 (viz *Tabulka 24*). Chladicí výkon absorpční jednotky by měl být ideálně alespoň 190 kW_{ch}, aby jednotka byla schopná v období květen – říjen nahradit nejméně jeden čpavkový kompresor o stejném výkonu. Teplota chladicího média v systému je velmi nízká a nevhodnější by byla jednotka s roztokem voda – NH₃. Problémem však je, že tento typ jednotky vyžaduje vysokou teplotu média dodaného do generátoru (až 150 °C), kterou není KGJ schopna dodat (typická nejvyšší teplota topné vody dodané z kogenerační jednotky je 90 °C). Možnosti využití trigenerace v pekárně jsou tedy značně omezené a při návrhu tak musím respektovat minimální výstupní teplotu chlazené vody 5 °C, která by se dala využít pouze v klimatizačním systému.

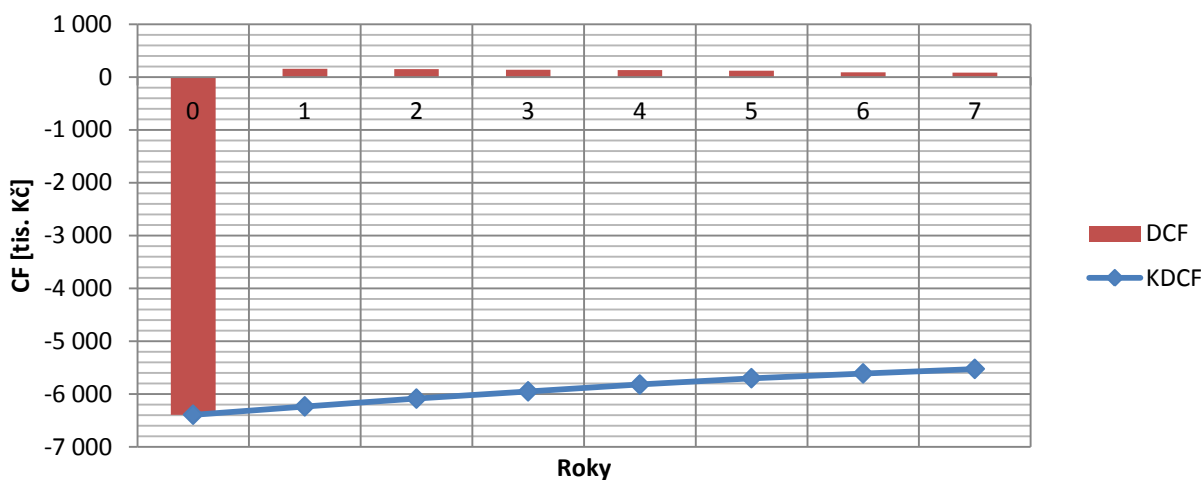
V *kogenerační části* jsem upravila dobu chodu jednotky vzhledem k údržbě na 8 700 hodin, což znamená, že doba do první generální opravy je 7 let. Během celé doby provozu předpokládám, že jednotka pojede na plné zatížení. Doba provozu pouze v topném režimu je navrhována pro období listopad – duben, v období květen – říjen bude vyrobené teplo zavedeno do absorpční jednotky. Teplo zaváděné do ACHJ bude pocházet pouze ze sekundárního okruhu KGJ, protože teplá voda ohřátá stykem se spaliny má vyšší teplotu, než teplonosné médium na výstupu z chladicího (technologického) okruhu plynového motoru. Platí, že čím vyšší teplota na vstupu do ACHJ, tím vyšší účinnost procesu. Teplo z chladicího okruhu motoru lze použít pro ohřev TUV.

Jak bylo ukázáno v předchozí kapitole, náklady na provoz KGJ jsou ovlivněny zejména množstvím spotřebovaného ZP a jeho cenou. Při navrhnutém provozu jednotka vyrobí ročně 1 923 MWh tepla a 1 427 MWh elektřiny. Pro tuto výrobu se spotřebuje celkem 4 305 MWh zemního plynu, což je při ceně 586,5 Kč/MWh roční náklad ve výši 2 525 006 Kč. Náklady na běžné opravy a údržbu budou celkem 285 360 Kč. Osobní náklady nebudu opět do hodnocení zařazovat. Nejvyšším výnosem bude úspora z nákupu elektřiny, která ročně bude činit 1 559 592 Kč při ceně elektrické energie 1 094 Kč/MWh. Další významnou položkou budou Zelené bonusy, které lze čerpat prvních 4 400 hodin provozu jednotky. Výše Zelených bonusů je pro jednotky s instalovaným elektrickým výkonem do 200 kW_e nastavena na 1 505 Kč/MWh vyrobené elektřiny a ročně tak pekárna dostane podporu 1 086 008 Kč. I přes to, že příkon podniku díky přítomnosti KGJ klesne o 164 kW, nedoporučovala bych snížit rezervovaný příkon z důvodu odstavení jednotky při údržbě. Po detailně navrženém plánu odstávek se ale může snížit množství měsíčně dokupované rezervované kapacity. Pokud bude k odstávkám docházet každý druhý měsíc, 6 měsíců v roce se může měsíční rezervovaná kapacita snížit o 164 kW. Celkem se tak ušetří 181 048 Kč ročně.

Absorpční část je tvořena jednotkou BROAD BDH 14XI, kterou dodá firma Sokra. Jednotka je schopna z 209 kW_t tepla dodaných kogenerační jednotkou vyrobit 158 kW_{ch} chladu. Tepelná účinnost procesu je 0,76, podrobná technická specifikace jednotky je v *Příloze 8*. Mezi investiční výdaje se řadí nákup ACHJ, chladicí věže a ostatní výdaje spojené s dopravou a zprovozněním celé jednotky. Celková investice činí 2 249 505 Kč bez DPH a roční náklady na servis prováděný servisní organizací jsou vyčísleny na 2,5 % z této investice. Životnost jednotky je až 25 let. [55]

Protože teplo dodávané do ACHJ pochází z KGJ, jediným nákladem na provoz ACHJ jsou náklady na provoz a údržbu. Ty budou ročně 53 238 Kč. Mezi výnosy patří úspora elektřiny oproti klasické výrobě chladu pomocí kompresorů, která je určena stejným způsobem, jako v kapitole 4.3.1 (celkem 156 194 Kč ročně) a také úspory za snížení měsíční rezervované kapacity, protože chod jednotky nahradí malou část chodu kompresorů. Při určování této úspory jsem vycházela typického poměru elektrického příkonu a chladicího výkonu čpavkových kompresorů, který vychází okolo hodnoty 0,3. Touto hodnotou je pak vynásoben chladicí výkon jednotky a cena měsíční rezervované kapacity. Vychází, že za 6 měsíců provozu ACHJ podnik ušetří na měsíční rezervované kapacitě celkem 52 327 Kč.

Ekonomické vyhodnocení *trigeneračního celku* bylo provedeno kvůli životnosti KGJ pouze na 7 let. KGJ i ACHJ patří do 2. odpisové skupiny, volím lineární odepisování. Celkové investiční výdaje jsou 6 393 005 Kč, celkové výnosy 3 035 169 Kč a náklady 2 866 604 Kč. Během doby hodnocení bude sice tok hotovosti kladný, čistá současná hodnota však vychází -5 525 843 Kč a prostá doba hodnocení 40 let. Došla jsem k názoru, že pro pekárnu by bylo mnohem výhodnější, pokud by zůstala u kompresorového způsobu chlazení a to i v případě, že by se pokusila využít dotační program. Úspora primárního paliva kogenerační jednotky je 17,3 % a celková účinnost výroby elektřiny a tepla 78 %. [39]



Graf 24 Varianta E - Průběh Cash flow

4.5.2. Citlivostní analýza na změnu cen elektřiny a plynu

Aby se investiční výdaje do trigenerace vrátily do 7 let, musely by ceny ZP meziročně klesat například o 11 % a zároveň ceny elektřiny růst o 9,2 %. Tento scénář je nepravděpodobný a proto konstatují, že investice do výroby chladu pomocí spojení kogenerační a absorpční jednotky se za normálních podmínek na trhu do konce hodnoceného období nevrátí.

4.5.3. SWOT analýza

Silné stránky: Úspora ročních nákladů z nákupu elektřiny ve výši 1 559 592 Kč, snížení měsíční rezervované kapacity o 164 kW, Zelené bonusy

Slabé stránky: Vysoká počáteční investice, projekt se nevyplatí (NPV = -5 525 843 Kč)

Příležitosti: Úspora elektřiny oproti kompresorovému chlazení

Hrozby: Snížení či zrušení Zelených bonusů, skokové zvýšení ceny ZP

4.6. Výsledná doporučení

V této kapitole shrnu podkapitoly 4.1 – 4.5, ve kterých jsem navrhla tato úsporná opatření: zprovoznění rekuperačního výměníku, výměnu původního osvětlení za LED technologii, instalaci plynového tepelného čerpadla, kogenerační jednotky a trigeneraci. Opatření byla ekonomicky vyhodnocena a na základě výše IRR navrhnu pořadí jejich realizace. Po konzultaci s technickým manažerem pekárny pracuji s předpokladem, že firma uvolní až 6,5 milionů Kč ze svého rozpočtu. Pokud se budou některé varianty či možnosti vzájemně vylučovat a jejich doba hodnocení bude různá, zvolím tu, která bude mít větší roční ekvivalentní tok hotovosti ACF. Ten určím tak, že NPV vynásobím poměrnou anuitou a . [56]

$$ACF = NPV * a = NPV * \frac{(1 + r)^T * r}{(1 + r)^T - 1} \quad (13)$$

4.6.1. Přehled výsledků

V *Tabulce 26* je přehled variant a zjištěných výsledků. Opatřením, které se jednoznačně nevyplatí, je trigenerace, protože má záporné NPV v řádech jednotek milionů. Neefektivní je také využití GHP ve stávajícím provozu. Při porovnání jednotlivých možností výměny osvětlení zjistím, že nejvýhodnější bude, pokud si pekárna nechá osvětlení nainstalovat externí firmou a nevyužije možnosti pronájmu. Mezi opatření, která se vzájemně vylučují kvůli svému tepelnému výkonu a předpokládané potřebě tepla v nově stavěném objektu patří plynové tepelné čerpadlo a kogenerační jednotka. Protože tyto projekty mají různou životnost, porovnávám roční ekv. toky hotovosti. Zatímco ACF plynového tepelného čerpadla je 34 806 Kč, kogenerační jednotky 82 279 Kč. Výnosnější je tedy kogenerace.

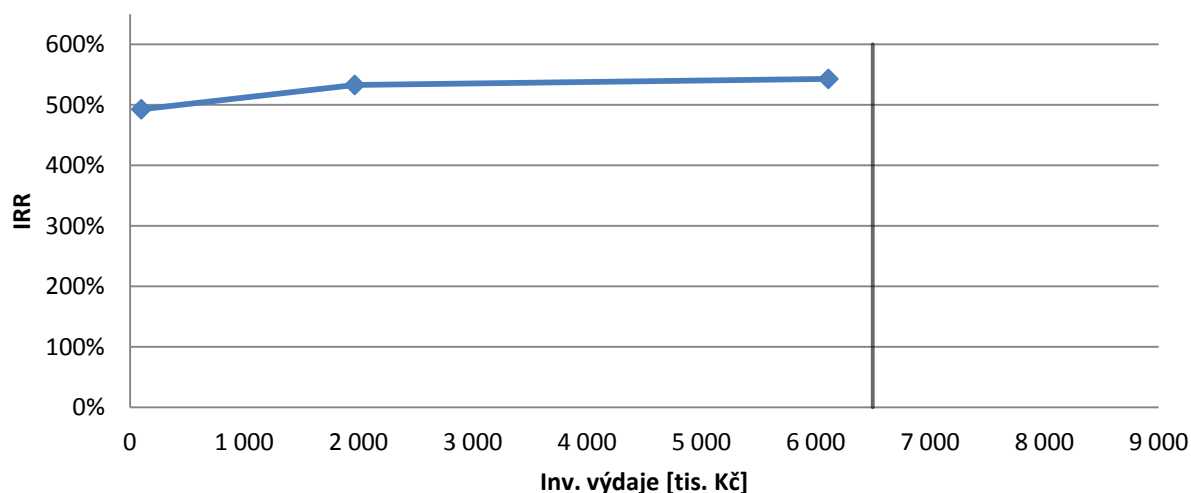
Varianta	A	B			C		D	E
Název opatření	Rekuperační výměník	Výměna osvětlení za LED			Plynové tepelné čerpadlo		Kogenerace	Trigenerace
Možnosti opatření		<i>Vlastní návrh</i>	<i>Návrh externí firmy - bez pronájmu</i>	<i>Návrh externí firmy - s pronájmem</i>	<i>Stávající provoz</i>	<i>Nová výstavba</i>		
Místo realizace	Stávající provoz	Stávající provoz	Stávající provoz	Stávající provoz	Stávající provoz	Nová výstavba	Nová výstavba	Nová výstavba
Ušetřená energie	ZP	E	E	E	E+ZP	E+ZP	E	E
Celková úspora energie ročně [MWh]	1 018	587	587	587	668	715	713	1570
Investiční výdaje [tis. Kč]	100	2 250	1 868	2 279	2 500	2400	4 144	6 393
Diskont	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
Doba hodnocení [roky]	5	20	20	20	10	10	14	7
NPV [tis. Kč]	1 939	3 144	5 359	1 775	-628	244	720	-5 526
IRR	493 %	27%	40%	---	0,3%	9%	10%	---
Tp [roky]	0,2	5,0	2,8	---	9,9	6,5	7,6	40,1
Td [roky]	0,2	3,3	2,7	---	---	8,5	10,7	---

Tabulka 26 Shrnutí výsledků (E = elektřina, ZP = zemní plyn)

Množinu opatření, která jsou efektivní, tvoří: zprovoznění rekuperačního výměníku, výměna osvětlení za LED technologii – možnost využití externí firmy bez pronájmu a instalace kogenerační jednotky. Nyní na základě jejich IRR a výše rozpočtu 6,5 milionu Kč vyberu ty projekty, které by firma měla zrealizovat vzhledem k počátečním investicím.

Pořadí realizace	Varianta	Název	IRR	Investiční výdaje [tis. Kč]
1	A	Zprovoznění rekuperačního výměníku	493%	100
2	B	Výměna osvětlení za LED – návrh externí firmy bez využití pronájmu	40%	1 868
3	D	Kogenerace	10%	4 144
Celkem			543%	6 111

Tabulka 27 Výběr úsporných opatření k realizaci



Graf 25 Výběr úsporných opatření k realizaci

Jak je vidět na *Grafu 25*, pekárna má finanční prostředky na to, aby zrealizovala všechny projekty z množiny efektivních opatření. Nejprve by měla zprovoznit rekuperační výměník, protože má nejvyšší výnosnost. Dále by měla investovat do výměny osvětlení a nakonec do nové výstavby zakoupit a zprovoznit kogenerační jednotku. Pokud by se firma z nějakého důvodu (např. z obav ze snížení Zelených bonusů) rozhodla kogeneraci v nové výstavbě neuskutečnit, doporučovala bych místo toho instalaci plynového tepelného čerpadla.

ř.	Ukazatel	Před realizací opatření	Po realizaci variant A a B
		Spotřeba energie [MWh]	Spotřeba energie [MWh]
1	Vstupy paliv a energie	73 448	71 843
2	Změna zásob paliv	0	0
3	Spotřeba paliv a energie (ř. 1 + ř. 2)	73 448	71 843
4	Prodej energie cizím	106	106
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř. 3 - ř. 4)	73 342	71 736
6	Ztráty ve vlastním zdroji a v rozvodech energie (z ř. 5)	1 081	1 081
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř. 5)	4 495	4 495
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř. 5)	19 461	19 461
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř. 5)	454	454
10	Spotřeba energie na větrání (z ř. 5)	1 273	1 273
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř. 5)	0	0
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř. 5)	995	408
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř. 5)	45 582	44 564

Tabulka 28 Upravená energetická bilance podniku

Původní energetickou bilanci uvedenou v kapitole 2.4.3 porovnávám se stavem, kdy se ve stávajícím provozu zrealizují varianty A a B (varianta D je počítána pro novou výstavbu, takže ji do porovnání nezahrnuji). Zjišťuji, že celková roční spotřeba energie klesne o 1,6 GWh. Úspora zemního plynu činí 1 GWh a úspora elektřiny 0,6 GWh. Celkově se ročně ušetří 1,2 mil Kč.

5. Závěr

Motivací pro zvyšování úspor energie v průmyslových podnicích jsou kromě nižších nákladů také národní legislativní požadavky, které často vycházejí ze směrnic a nařízení Evropské unie. Zatímco v legislativě EU se objevují obecné údaje vztažené na všechny členské státy, národní legislativa už musí obsahovat konkrétní čísla a cíle, které tvoří „pravidla hry“ v daném státě. Vybrané závazky platící v České republice v oblasti úspor energií jsou následující: celková uspořená hodnota konečné spotřeby energie musí podle NAPEE činit 14,08 TWh do roku 2020. Nástrojem pro dosažení této hodnoty může být zpracovávání energetických auditů a posudků, kterými se firmy – velkoobdobatelé následně budou řídit. Povinnost zpracovat energetický audit každé 4 roky mají velké podniky, jejichž roční spotřeba energie je vyšší, než 35 000 GJ a orgány státní správy se spotřebou větší, než 1 500 GJ. Tato povinnost se nevztahuje na firmy, ve kterých je zaveden systém managementu hospodaření s energií podle normy ČSN ISO 50001. Tato norma poskytuje návod, podle kterého lze systematickým sledováním toků energie a plánováním budoucího vývoje výroby a nároků na ni dosáhnout efektivní spotřeby energie.

Dalšími nástroji pro dosažení cíle z NAPEE jsou pravidelné revize otopných a klimatizačních soustav, zateplování budov, využívání úsporných technologií. Protože tyto nástroje mohou vyžadovat velké investiční výdaje, MPO pravidelně vypisuje dotační programy. Příkladem takového programu, který může využít velký podnik, je program Úspory energie, který patří do Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost. Využit lze také tzv. Energy performance contracting, který je založen na najmutí externí firmy, která do daného zařízení investuje a bude zajišťovat údržbu, zatímco firma využívající zařízení jej bude platit z ušetřených nákladů za energie.

V rámci analýzy spotřeby energie v pekárně jsem se zaměřila na spotřeby elektřiny a zemního plynu. Zatímco během zimy se maximální elektrický příkon podniku pohybuje okolo 5 MW, v létě přesahuje 6 MW. To je způsobeno tím, že největším spotřebičem elektřiny je kompresorové chlazení, které v létě způsobuje špičky. Jako úsporné opatření jsem proto navrhla instalaci plynového tepelného čerpadla a trigenerace jako částečné náhrady za tento způsob chlazení. Dále jsem zjišťovala ztráty v transformátorech, které činí přibližně 1 % z celkové spotřeby elektřiny a ztráty ve zdrojích tepla (plynových kotlích), které vyjdou až na 2 % z energie přivedené v ZP. Úniky tepla v potrubí jsem sledovala pomocí termokamery a nenašla jsem žádný problém, který by vypovídal o špatném stavu izolace. Ztráty vznikají také ve spotřebičích, jako jsou pece, motory či osvětlení. Protože ve výrobních prostorách pekárny se stále využívají klasické výbojky, navrhla jsem výměnu osvětlení za LED technologii. Odpadní teplo vznikající při stlačování par čpavku je využíváno v rekuperačních výměnících. Při návštěvě kotelny 6 jsem zjistila, že nově instalovaný výměník nebyl zprovozněn a rozhodla jsem se spočítat, zda se jeho zprovoznění vůbec vyplatí. Další využití odpadního tepla např. ze spalín odcházejících z pecí jsem shledala jako neefektivní. Poslední navržené opatření se týká využití kogenerace pro výrobu tepla a elektřiny v podniku.

Ekonomické vyhodnocení jednotlivých projektů vychází z těchto předpokladů: realizace opatření bude uskutečněna do konce roku 2017, diskontní sazba je 7 %, cena elektřiny 1 093 Kč/MWh, cena zemního plynu 586 Kč/MWh, meziroční růst těchto cen je nulový a daň z příjmu právnických osob činí 19 %. Zprovoznění rekuperačního výměníku a výměna osvětlení za LED technologii je hodnocena pro využití ve stávajícím provozu, kogenerace a trigenerace pak pro instalaci do nově plánované výroby. Plynové tepelné čerpadlo je hodnoceno pro oba typy provozů.

Při výpočtu ekonomické efektivnosti zprovoznění rekuperačního výměníku jsem pracovala s modelem, který vyjadřuje předpokládaný provoz čpavkových kompresorů během roku a reaguje na rozdílné tepelné požadavky během zimního a letního období. Došla jsem k názoru, že výměník by měl být neprodleně zprovozněn, protože pro dobu hodnocení 5 let vychází vnitřní výnosové procento 493 %, diskontovaná doba návratnosti 3 měsíce a čistá současná hodnota 1 938 tis. Kč. Ročně se ušetří 1 018 MWh zemního plynu, což jsou úspory v hodnotě 597 tis. Kč. Citlivostní analýza ukázala, že NPV je na změnu ceny ZP citlivé velmi málo.

U výměny osvětlení za LED technologii jsem uvažovala 3 různé možnosti. První možností byl vlastní návrh, kde jsem hodnotila LED svítidla PRIMA LED Tube a LED zářivky Philips s příkonem 25 W a světelným tokem 3 700 lm. Druhou možností byl návrh a instalace osvětlení provedené externí firmou, která navrhla vhodná svítidla a zářivky Valtavalo E3, které jsou levnější a mají delší dobu životnosti. Příkon zářivek je stejný, jako u vlastního návrhu. U této možnosti jsem vyhodnotila investici do osvětlení a údržby a porovнала se situací, kdy by se vedení pekárny rozhodlo využít pronájem osvětlení namísto jeho nákupu. Nejvýhodnější se podle výše NPV za dobu 20 let jeví návrh externí firmy bez využití pronájmu. Ve všech případech klesne příkon podniku o 67 kW a ročně se ušetří 587 MWh elektrické energie v hodnotě 642 tis. Kč.

Plynové tepelné čerpadlo je technologie, která je podobná klasickému tepelnému čerpadlu, ale pro pohon kompresoru používá místo elektrického motoru plynový. Dochází zde k úsporám ZP i elektřiny. Vyšlo mi, že do stávajícího provozu se tato technologie nehodí, ale do nové výstavby ano. Ročně by se uspořilo 606 MWh zemního plynu a 109 MWh elektřiny v celkové hodnotě 474 tis. Kč. Nevýhodou GHP jsou vyšší investiční výdaje vůči klasickým plynovým kotlům.

Kogenerační jednotka TEDOM Cento T160 s maximálním tepelným výkonem 221 kW_t a elektrickým výkonem 164 kW_e byla zvolena jako zdroj elektřiny a tepla pro KVET. Její provoz byl omezen pouze na zimní období, kdy by byla schopna pokrýt základní zatížení. Ekonomické hodnocení bylo provedeno na 14 let kvůli životnosti KGJ (resp. doby do generální opravy) a vyšlo, že díky Zeleným bonusům se investiční výdaje vrátí do 11 let. Čistá současná hodnota je 719 570 Kč a vnitřní výnosové procento 10 %. Bez Zelených bonusů by nemělo smysl o KVET uvažovat, protože náklady jsou vyšší, než výnosy.

Trigenerace byla vyhodnocena pro výše uvedenou KGJ a absorpční jednotku BROAD, která by dokázala vyrobit $158 \text{ kW}_{\text{ch}}$ chladu. Protože KGJ by byla v provozu po celý rok, snížila by se doba její životnosti na 7 let a výši Zelených bonusů by bylo možné čerpat pouze prvních 4 400 hodin provozu jednotky. Vzhledem k velkým investičním výdajům a malým úsporám jsem došla k závěru, že toto řešení je nevýhodné a pekárna by na trigeneraci prodělala. NPV projektu je -5,5 milionu Kč.

Na základě ekonomického hodnocení a porovnání variant podle jejich ročního ekvivalentního toku hotovosti jsem vybrala množinu opatření, která jsou efektivní. Do této množiny patří: zprovoznění rekuperačního výměníku, výměna osvětlení za LED technologii a kogenerace. Při předpokladu, že firma je schopna uvolnit až 6,5 milionu Kč na realizaci úsporných opatření platí, že může všechna tři opatření zrealizovat. Po realizaci opatření A a B sníží svoji celkovou roční spotřebu energie o 1,6 GWh a ročně uspoří přes 1,2 milionu Kč.

Seznam literatury

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov. *Úřední věstník Evropské unie* [online]. 2010, **L153/13**, 23. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:CS:PDF>
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU ze dne 25. října 2012 o energetické účinnosti. *Úřední věstník Evropské unie* [online]. 2012, **L315/1**, 56. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:CS:PDF>
- [3] EVROPSKÁ KOMISE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady, kterou se mění směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti. *Senátní tisk*. 2016, (N 009/11).
- [4] 32300. Národní akční plán energetické účinnosti ČR. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2016 [vid. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/strategicke-dokumenty/narodni-akcni-plan-energeticke-ucinnosti-cr--150542/>
- [5] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Národní akční plán energetické účinnosti ČR [online]. 2016, (1), 104. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/assets/dokumenty/50711/63238/651838/priloha004.pdf>
- [6] Vyhláška ze dne 20. prosince 2012 o energetickém auditu a posudku č. 480. *Sbírka zákonů* [online]. 2012, 37. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=79198&nr=480~2F2012&rpp=15#local-content>
- [7] *Zákon ze dne 25. října 2000 o hospodaření s energií* [online]. 2000. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49857&nr=406~2F2000&rpp=15#local-content>
- [8] ČSN EN ISO 50001 (01 1501) Systémy managementu hospodaření s energií – Požadavky s návodem k použití. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví* [online]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/csn-en-iso-50001-01-1501-systemy-managementu-hospodareni-s-energi-i-pozadavky-s-navodem-k-pouziti-r914>
- [9] ČSN EN ISO 50001. Systémy managementu hospodaření s energií - Požadavky s návodem k použití. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*. 2012.
- [10] Vnitropodnikové faktury. nedatováno.
- [11] SIDAT. Data ze serveru dálkového odečtu. 2016.
- [12] LACH:NER. *Bezpečnostní list* [online]. 2012 [vid. 2016-12-27]. Dostupné z: http://www.lach-ner.com/files/57-55-6_Monopropylenglykol_CZ.pdf
- [13] Amoniak. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/repository/latky/amoniak.pdf>
- [14] Oxid uhličitý. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. [vid. 2016-12-27]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/oxid_uhlicity.pdf

-
- [15] Carbon Dioxide Refrigeration Systems. *ASHRAE Handbook - Refrigeration* [online]. 2014. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/view/swf/show.v/rcid:kpASHRAEED/cid:kt00U6CR25/viewerType:pdf/root_slug:ashrae-handbook-refrigeration?cid=kt00U6CR25&page=1&q=co2refrigeration&b-q=co2refrigeration&sort_on=default&b-subscription=TRUE&b-group-by=true&b-search-t
- [16] SPANIHEL, Jiří. Energetický audit. *ČEZ ESCO*. 2017, 59.
- [17] GROS, Tomáš. *Utility leader - osobní konzultace*
- [18] JUNGSMANN, Jaroslav. *Maintenance supervisor - osobní konzultace*
- [19] VASTL, Jaromír. Úvod do energetických soustav. *Přednášky z předmětu Management a ekonomika energetických soustav* [online]. 2016. Dostupné z: https://ekonom.feld.cvut.cz/cs/student/predmety/management-a-ekonomika-energetickych-soustav/prednasky/mes01_vod_do_energetickch_soustav.pdf
- [20] ALSTOM. Technická dokumentace transformátoru TNOSN 630/20. nedatováno.
- [21] GBE. *Transformers and reactors* [online]. [vid. 2017-02-08]. Dostupné z: http://www.gbeonline.com/wp-content/uploads/2016/05/Catalogo-GBE-Eco-Design_ITA-ING.pdf
- [22] SGB-SK SPOL. S.R.O. *Olejoyé transformátory v hermetickom prevedení* [online]. [vid. 2017-02-08]. Dostupné z: http://www.sgbsk.sk/download/olejove-transformatory/olej_trafa.pdf
- [23] SIEMENS. *GEAFOL Cast-Resin Transformers 100 to 16,000 kVA* [online]. [vid. 2017-02-08]. Dostupné z: http://www.automation.siemens.com/tip-static/dlc/en/Distribution-Transformers/Catalog_TV1_GEAFOL_Cast-resin_Transformers.pdf
- [24] VÍTEK, Miroslav. Vedení pro střídavý proud. *Přednášky z předmětu Dopravní energetické systémy* [online]. 2016. Dostupné z: https://ekonom.feld.cvut.cz/cs/student/predmety/dopravni-energeticke-systemy/prednasky/des24_ze_skr.pdf
- [25] Vnitropodnikové údaje o vyrobených tunách. 2016.
- [26] FÍK, Josef. Tepelně technické parametry plynových spotřebičů (II). *TZB - info* [online]. 2004 [vid. 2017-02-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2127-tepelne-technicke-parametry-plynovych-spotrebicu-ii>
- [27] VEISSMANN. Vitoplex 200 [online]. nedatováno. Dostupné z: <http://data.getwebseller.com/111386/www/www.kotle-viessmann.cz/Vitoplex-200-SX2A-90-560-kW.pdf>
- [28] Vyhláška 193/2007 Sb. ze dne 17. července 2007, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu [online]. nedatováno. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=64965&nr=193~2F2007&rpp=15#local-content>
- [29] KOTĚRA, Tomáš a Václav NAVRÁTIL. Schéma topení. *REMAKO*. 2012.

-
- [30] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Cenové rozhodnutí energetického regulačního úřadu 7/2016 ze dne 25. listopadu 2016, kterým se stanovují ceny za související službu v elektroenergetice a další regulované ceny. *Energetický regulační věstník* [online]. 2016, **16**, 84. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/2041142/ERV_10_2016/022f2fcf-55c0-4dde-9d8e-d0024602dc43
- [31] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 10/2016 ze dne 14. prosince 2016, kterým se mění cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2016, kterým se stanovují ceny za související službu v elektroenergetice a další regulované ceny. *Energetický regulační věstník* [online]. 2016, **16**, 7. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/2041142/ERV_12_2016/058c6730-a61f-4606-a51b-e72ada54c052
- [32] *Zákon č. 261/2007 o stabilizaci veřejných rozpočtů* [online]. 2007. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=65109&nr=261~2F2007&rpp=15#local-content>
- [33] PXE [online]. [vid. 2016-12-05]. Dostupné z: <http://www.pxe.cz/Kurzovni-Listek/Oficialni-KL/>
- [34] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 6/2016 ze dne 25. listopadu 2016, o regulovaných cenách souvisejících s dodávkou plynu. *Energetický regulační věstník* [online]. 2016, **16**, 75. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/2041142/ERV_9_2016/11a5ff2e-b850-450a-8f1f-3681b89eab4d
- [35] PXE [online]. [vid. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.pxe.cz>
- [36] KISLINGEROVÁ, Eva. *Manažerské finance*. 3. vyd. Praha: Beckova edice ekonomie, 2010. ISBN 978-80-7400-194-9.
- [37] DAMODARAN, Aswath. Cost of capital by industry sector. *Data: Current* [online]. 2017. Dostupné z: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datacurrent.html
- [38] KNYTL, Jaroslav. *Johnson Controls - e-mailová komunikace*
- [39] Zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů [online]. 2016. Dostupné z: <http://business.center.cz/business/pravo/zakony/dprij/>
- [40] ČSN EN 12464-1. Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*. 2012.
- [41] JIŘÍ, Habel, Dvořáček KAREL, Dvořáček VLADIMÍR a Žák PETR. *Světlo a osvětlování*. 1. vyd. Praha: FCC Public, s.r.o., 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [42] TREVOS. *Prima LED Tube* [online]. [vid. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://www.trevos.cz/prima-led-tube-p129792.htm%0A>
- [43] ESVIT.CZ. *Led zářivky* [online]. [vid. 2017-03-26]. Dostupné z: <https://www.esvit.cz/led-trubice-25w-delka-150cm-4000-k-studena-bila-philips-929001149202-provoz-na-tlumivce-230v>

-
- [44] AGENTURA PRO PODNIKÁNÍ A INOVACE. Úspory energie - Výzva II. *Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost* [online]. 2016 [vid. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://www.agentura-api.org/programy-podpory/uspory-energie/uspory-energie-vyzva-ii/>
- [45] MEDŘICKÝ, Zdeněk. *FAWOO TECH CZ - e-mailová komunikace*
- [46] TEDOM. *Plynové tepelné čerpadlo* [online]. [vid. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/vyhody-a-vyuziti.html>
- [47] TC MACH. *GHP - plynové tepelné čerpadlo* [online]. [vid. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/tepelna-cerpadla-pro-prumyslove-objekty/ghp-plyнове-cerpadlo.php>
- [48] JANČOK, Lukáš. *TEDOM - e-mailová komunikace*
- [49] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 2/2017 ze dne 29. března 2017, kterým se mění cenové rozhodnutí ERÚ č. 5/2016, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie, ve znění cenového rozhodnutí ERÚ č. 9/2016 a č. 11/2016. *Energetický regulační věstník* [online]. 2017, **17**, 6. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/2887244/ERV3_2017.pdf/f4f960a4-a03c-43e7-b92b-73c8f645ac30
- [50] Vyhláška č. 37/2016 Sb. ze dne 21. ledna 2016 o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů. *Sbírka zákonů* [online]. nedatováno. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-37>
- [51] Zákon č. 165/2012 Sb. ze dne 31. ledna 2012 o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. *Sbírka zákonů* [online]. 2012, (59/2012). Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>
- [52] VOKURKA, Josef. *TEDOM- e-mailová komunikace*
- [53] TEDOM. *Trigenerace* [online]. [vid. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/trigeneracni-jednotky.html>
- [54] POSPÍŠIL, Jiří a Jan FIEDLER. *Systémy společné výroby elektrické energie, tepla a chladu* [online]. 2010 [vid. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/6519-systemy-spolecne-vyroby-elektricke-energie-tepla-a-chladu>
- [55] BEGENI, Radek. *Sokra s.r.o.- e-mailová komunikace*
- [56] VÁGNER, Michal. *Technical manager - osobní konzultace*
- [57] NAŘÍZENÍ KOMISE V PŘENESENÉ PRAVOMOCI (EU) 2015/2402 ze dne 12. října 2015, kterým se přezkoumávají harmonizované referenční hodnoty účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny a tepla za použití směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU a kterým se z. *Úřední věstník Evropské unie*. 2015, 8.

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Spotřeba elektřiny po měsících [10]</i>	20
<i>Tabulka 2 Spotřeba zemního plynu po měsících [10]</i>	22
<i>Tabulka 3 Spotřeba vody po měsících [10]</i>	24
<i>Tabulka 4 Určení koeficientu pro rozpočítání spotřeby energie mezi linky</i>	26
<i>Tabulka 5 Strojovna S1 [16]</i>	29
<i>Tabulka 6 Strojovna 2 [16]</i>	30
<i>Tabulka 7 Strojovna 3 [16]</i>	30
<i>Tabulka 8 Zařízení v kotelnách [16]</i>	31
<i>Tabulka 9 Ztráty v transformátorech [11] [20][21][22][23][vlastní výpočet]</i>	34
<i>Tabulka 10 Měrná spotřeba elektřiny v roce 2016 – průměr [11][25]</i>	36
<i>Tabulka 11 Ztráty v plynových kotlích [11][27][vlastní výpočet]</i>	38
<i>Tabulka 12 Měrná spotřeba ZP v roce 2016 – průměr [11][25]</i>	41
<i>Tabulka 13 Celková roční bilance [vlastní výpočet]</i>	42
<i>Tabulka 14 Vyhodnocení termogramu [program testo IRsoft]</i>	43
<i>Tabulka 15 Regulované složky ceny elektřiny [30][31]</i>	46
<i>Tabulka 16 Regulované složky ceny plynu [34]</i>	47
<i>Tabulka 17 Teoretický potenciál výměníku [vlastní výpočet]</i>	51
<i>Tabulka 18 Model provozu kompresorů během roku</i>	52
<i>Tabulka 19 Výměna osvětlení – přehled [42][43]</i>	56
<i>Tabulka 20 Nabídka externí firmy [45]</i>	58
<i>Tabulka 21 Porovnání všech možností výměny osvětlení</i>	60
<i>Tabulka 22 Plynová tepelná čerpadla – srovnání [48]</i>	64
<i>Tabulka 23 Varianta C - Ekonomické vyhodnocení - přehled</i>	64
<i>Tabulka 24 Základní parametry kogenerační jednotky Tedom Cento T160 [52]</i>	68
<i>Tabulka 25 Základní technické ukazatele KGJ podle vyhlášky 480/2012 Sb.</i>	69
<i>Tabulka 26 Shrnutí výsledků (E = elektřina, ZP = zemní plyn)</i>	76
<i>Tabulka 27 Výběr úsporných opatření k realizaci</i>	77
<i>Tabulka 28 Upravená energetická bilance podniku</i>	78

Seznam grafů

Graf 1 Vývoj měsíční spotřeby elektřiny v letech 2015 a 2016 [10].....	20
Graf 2 Denní diagram zatížení v typických dnech [11].....	21
Graf 3 Hodnoty minimálního a maximálního zatížení během roku [11].....	21
Graf 4 Vývoj měsíční spotřeby zemního plynu v letech 2015 a 2016 [10]	22
Graf 5 Příkon v palivu v typických dnech [11]	23
Graf 6 Vývoj měsíční spotřeby vody v letech 2015 a 2016 [10]	24
Graf 7 Denní diagram zatížení kotlů 3x350 kW v kotelně 6 během typických dnů [11].....	32
Graf 8 Struktura spotřeby elektřiny v roce 2016 [11]	35
Graf 9 Struktura spotřeby plynu v roce 2016 [11]	41
Graf 10 Varianta A – Průběh Cash flow	53
Graf 11 Varianta A – Citlivostní analýza na změnu ceny ZP	53
Graf 12 Varianta B, možnost 1 - Průběh Cash flow.....	58
Graf 13 Varianta B, možnost 2 - Průběh Cash flow.....	59
Graf 14 Varianta B - Citlivostní analýza na změnu ceny elektřiny	60
Graf 15 Varianta B - Citlivostní analýza na změnu příspěvku na POZE.....	61
Graf 16 Varianta C - Průběh Cash flow pro instalaci GHP do stávajícího systému	65
Graf 17 Varianta C - Průběh Cash flow po instalaci GHP do nového systému.....	65
Graf 18 Varianta C - Citlivostní analýza pro instalaci tepelného čerpadla do stávajícího systému	66
Graf 19 Varianta C - Citlivostní analýza pro instalaci tepelného čerpadla do nového systému	66
Graf 20 Varianta D - Průběh Cash flow bez zahrnutí Zelených bonusů	69
Graf 21 Varianta D – Průběh Cash flow se zahrnutím Zelených bonusů.....	69
Graf 22 Varianta D - Citlivostní analýza na změnu cen elektřiny a plynu, výpočet se Zelenými bonusy	70
Graf 23 Varianta D - Citlivostní analýza na změnu výše Zeleného bonusu.....	70
Graf 24 Varianta E - Průběh Cash flow	74
Graf 25 Výběr úsporných opatření k realizaci	77

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 Model systému managementu hospodaření s energií podle ČSN EN ISO 50001 [8].....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 2 Pohled na pekárnou [vlastní foto]</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 3 Princip chlazení NH₃/CO₂ (přeloženo z [15]).....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 4 Úniky tepla z pece [vlastní foto]</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 5 Ztráty v rozvodech tepla – potrubí [vlastní foto]</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 6 Ztráty v rozvodech tepla – čerpadlo[vlastní foto].....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 7 Termogram digestoře linky L7[vlastní foto]</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 8 Výměník pára – voda.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 9 Schéma rekuperace v kotelně 6 [29]</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 10 Fyzická instalace rekuperace v kotelně 6[vlastní foto]</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 11 Základní schéma GHP jednotky TEDOM [47]</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek 12 Zapojení trigenerace pro dodávku tepla v zimě a chladu v létě [53]</i>	<i>71</i>
<i>Obrázek 13 Zapojení trigenerace pro souběžnou dodávku tepla a chladu [53]</i>	<i>72</i>
<i>Obrázek 14 Princip absorpční jednotky</i>	<i>72</i>

Seznam příloh

<i>Příloha 1: Blokové schéma elektrického zapojení závodu [vlastní tvorba]</i>
<i>Příloha 2: Rozpočítání spotřeby strojoven a kotelny 6 do technologických celků</i>
<i>Příloha 3: Vzorce pro výpočet spotřeby elektřiny a plynu pro technologické celky</i>
<i>Příloha 4: Schéma strojoven [17]</i>
<i>Příloha 5: Zelené bonusy [49]</i>
<i>Příloha 6: Výpočet ÚPE [51][57]</i>
<i>Příloha 7: TEDOM Cento T160 technická specifikace [52]</i>
<i>Příloha 8: BROAD technická specifikace [55]</i>
<i>Příloha 9: Průběhy Cash flow a ekonomické hodnocení variant</i>

Příloha 1

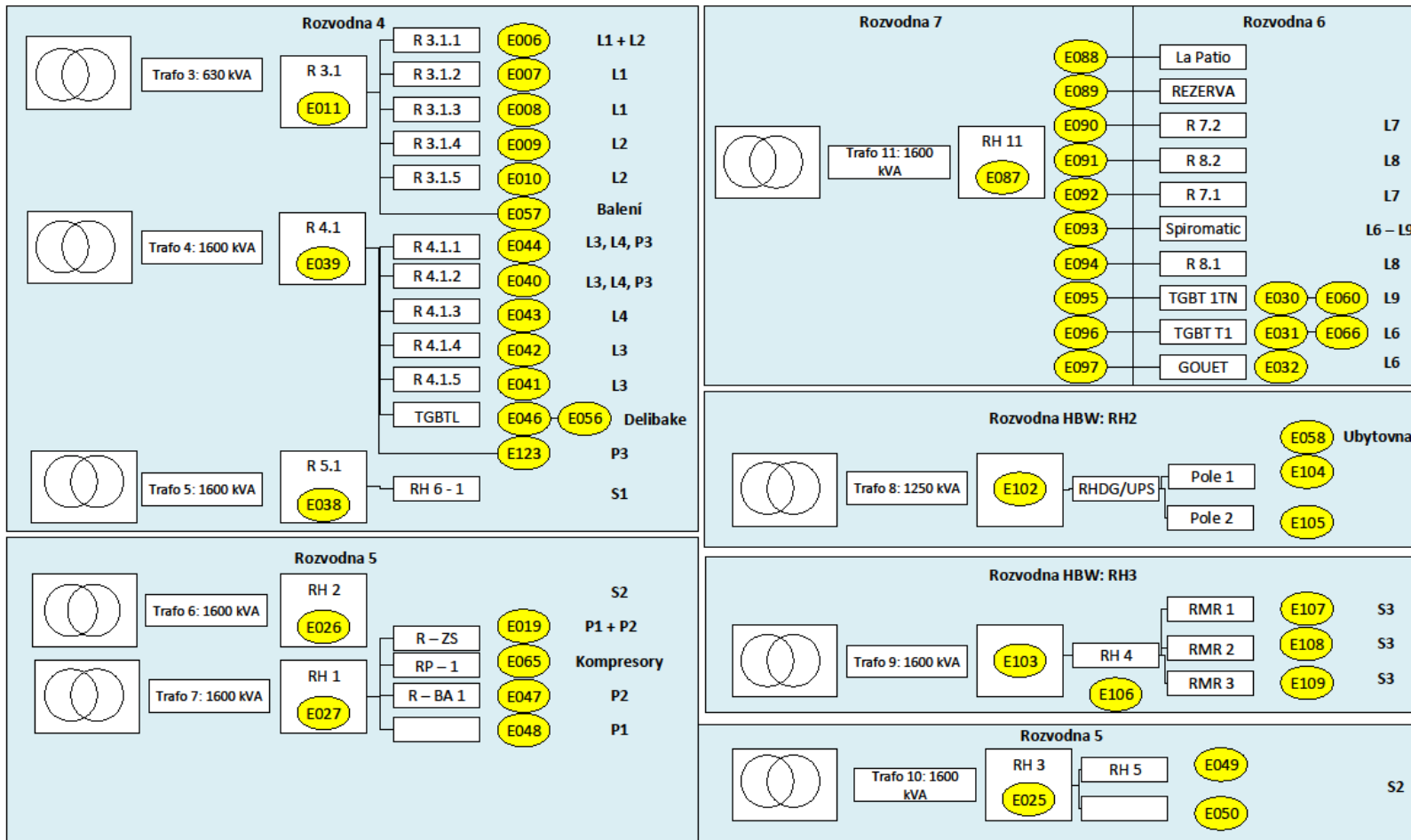
HS 1

E036

HS 2

E035

29.6.2016



Příloha 2

a) Rozpočítání spotřeby strojoven podle chladícího výkonu spotřebičů

S1	Zmrazovače kW	Poměry zmraz.	MPG P3 - 360 kW	YCIV 1000 - spotřebiče kW	Celkem kW	Konečný poměr		
L1	210	1,24		126,50	336,50	1,60		
L2	210	1,24		226,50	436,50	2,07		
L3	280	1,65		330,36	610,36	2,90		
L4	170	1,00		40,64	210,64	1,00		
P1	280	1,65			280,00	1,33		
P3	240	1,41	310,00	34,00	584,00	2,77		
DELI	230	1,35			230,00	1,09		
<i>Suma</i>	<i>1620</i>	<i>9,53</i>	<i>310,00</i>	<i>758,00</i>	<i>2688,00</i>	<i>12,76</i>		
S2	Zmrazovače kW	Poměry zmraz.	VZT+PZ+CZ kW	RDM+Tunel+VMI kW	LV kW	Box kW	Celkem kW	Konečný poměr
L6	250	1	295		13,76	12,09	570,85	1,00
L7	420	1,68	290		23,12	20,30	753,42	1,32
L8	420	1,68	290		23,12	20,30	753,42	1,32
L9	420	1,68	540			20,30	980,30	1,72
P1	280	1,12	700	130	28,72	37,33	896,05	1,57
P2	305	1,22	595	154	31,28	65,67	1 150,95	2,02
Balení			625				625,00	1,09
<i>Suma</i>	<i>2095</i>	<i>8,38</i>	<i>3335</i>	<i>284</i>	<i>120</i>	<i>176</i>	<i>5730</i>	<i>10,04</i>

b) Rozpočítání celkového tepelného výkonu kotelny 6 do technologických celků

	Odhad výkonu		Podíl:	Celkem linky
P1	150	kW	0,11	0,165
P2	100	kW	0,07	0,103
L6	150	kW	0,11	0,165
L7	100	kW	0,07	0,129
L8	100	kW	0,07	0,129
L9	100	kW	0,07	0,129
Balící zóna	250	kW	0,18	
Teplá voda - šatny, kantýna, myčka = administrativa	250	kW	0,18	
Voda - parní vyvíječe	180	kW	0,13	
Celkem	1380	kW	1	
Rozpočítání balící zóny k linkám:	0,03			
Rozpočítání vody pro páru:	0,026			

Příloha 3

Vzorce pro určení spotřeby elektřiny v jednotlivých technologických celcích:

Technologický celek	Popis	Spotřeba elektřina [kWh]
Bakery	L1	$E007+E008+kL1*(1,6*A+B+F)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
	L2	$E009+E010+kL2*(2,07*A+B+F)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
	L3	$E041+E042+kL3*(2,9*A+B+G)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
	L4	$E043+kL4*(A+B+G)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
	L6	$E096+E097+kL6*(C+D+E+H)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
	L7	$E090+E092+kL7*(1,32*C+D+1,32*E+H)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
	L8	$E091+E094+kL8*(1,32*C+D+1,32*E+H)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
	L9	$E095+kL9*(1,72*C+D+1,72*E+H)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
	Pastry	P1
P2		$E027/2+kP2*(2,02*C+D+2,02*E)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
P3		$E123+kP3*(2,77*A+G)+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
Delibake		$E046+kD*1,09*A+(E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123)/12$
High Bay	HBW	$E102-E058+E103$
Kotelny	K1	-
	K2 - pro P3	-
	K3	-
	K4	-
	K6	-
	Strojovny	S1
S2		E025+E026
S3		E103
Administrativa		$B+E011-E006-E007-E008-E009-E010-E057+E060$
Stlačený vzduch		$E065+E066$
General technics	L1 - L4, P3	E040

Balící zóna		E057+1,09*C+1,09*E
Údržba		E039-E040-E041-E042-E043-E044-E046-E123
Ubytovna		E058
Celý závod		E035+E036
	Substituce	A = (E038/(1,6*kL1+2,07*kL2+2,9*kL3+kL4+1,33*kP1+2,77*kP3+1,09*kD))
		B = (E040/(kL1+kL2+kL3+kL4+1))
		C = (E026/(kL6+1,32*kL7+1,32*kL8+1,72*kL9+1,57*kP1+2,02*kP2+1,09))
		D = (E057/(kL6+kL7+kL8+kL9+kP1+kP2))
		E = (E025/(kL6+1,32*kL7+1,32*kL8+1,72*kL9+1,57*kP1+2,02*kP2+1,09))
		F = (E006/(kL1+kL2))
		G = (E044/(kL3+kL4+kP3))
		H = (E093/(kL6+kL7+kL8+kL9))

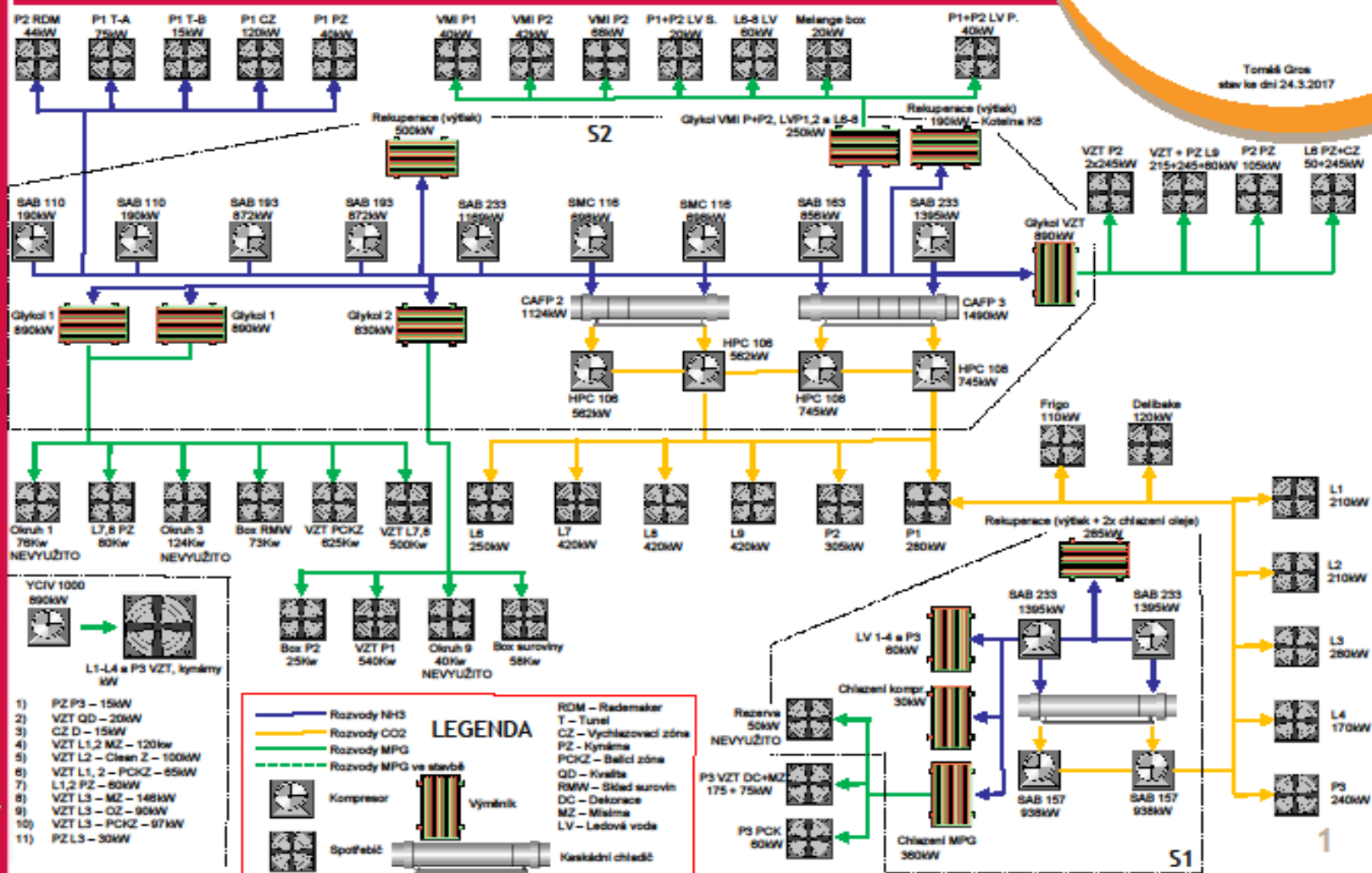
Vzorce pro určení spotřeby plynu v jednotlivých technologických celkách:

Technologický celek	Popis	Spotřeba plynu [m3]
Bakery	L1	$kL1 * ((G004+G005)/(kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + kL1 * ((G120+G121)/(1+kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + G083$
	L2	$kL2 * ((G004+G005)/(kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + kL2 * ((G120+G121)/(1+kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + G084$
	L3	$kL3 * ((G004+G005)/(kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + kL3 * ((G120+G121)/(1+kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + G085$
	L4	$kL4 * ((G004+G005)/(kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + kL4 * ((G120+G121)/(1+kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + G086$
	L6	$kL6 * ((G022+G023)/(kL6+kL7+kL8+kL9+kP1)) + 0,165 * (G021+G051+G052) + G067$
	L7	$kL7 * ((G022+G023)/(kL6+kL7+kL8+kL9+kP1)) + 0,129 * (G021+G051+G052) + G068$
	L8	$kL8 * ((G022+G023)/(kL6+kL7+kL8+kL9+kP1)) + 0,129 * (G021+G051+G052) + G075$
	L9	$kL9 * ((G022+G023)/(kL6+kL7+kL8+kL9+kP1)) + 0,129 * (G021+G051+G052) + G014$
	Pastry	P1
P2		$0,103 * (G021+G051+G052)$
P3		$kP3 * ((G004+G005)/(kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + kP3 * ((G120+G121)/(1+kL1+kL2+kL3+kL4+kP3)) + G082$
Delibake		G033+G053
High Bay	HBW	-
Kotelny	K1	G063
	K2 - pro P3	G082
	K3	G004+G005+G120+G121
	K4	G053
	K6	G021+G022+G023+G051+G052
	Strojovny	S1
S2		-
Administrativa		$0,18 * (G021+G051+G052) + (G120+G121)/(1+kL1+kL2+kL3+kL4+kP3) + G063$
Stlačený vzduch		-
General technics		-
Balící zóna		$0,18 * (G021+G051+G052)$
Údržba		-
Celý závod		G034

Příloha 4

S1 + S2 + YCIV 1000

A passion to share



Příloha 5

Zelené bonusy:

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		
	a	b	c	d	e	j	m
715	Elektřina z KVET	1.1.2016	31.12.2017	0	200	3 000	1 970
716		1.1.2016	31.12.2017	0	200	4 400	1 505
717		1.1.2016	31.12.2017	200	1 000	3 000	1 560
718		1.1.2016	31.12.2017	200	1 000	4 400	1 160
719		1.1.2016	31.12.2017	1 000	5 000	3 000	1 225
720		1.1.2016	31.12.2017	1 000	5 000	4 400	895

Výpočet redukčního faktoru RF pro úpravu výše Zeleného bonusu při čerpání investiční podpory:

$$RF = \frac{(DOT * AF)}{VYR}$$

Kde:

$$AF = \frac{IRR}{1 - \frac{1}{(1+IRR)^{DŽ}}}$$

pro elektřinu: $VYR = P * PRV$

pro teplo: $VYR = P * PRV * 3,6$

RF redukční faktor (Kč/MWh); (Kč/GJ v případě podpory na teplo),

DOT celková investiční dotace udělená projektu (Kč),

AF anuitní faktor (-),

DŽ doba životnosti výroby elektřiny stanovená vyhláškou o technicko-ekonomických parametrech (rok); doba odpisování v případě podpory na elektřinu z KVET (rok),

IRR vnitřní výnosové procento uvedené v žádosti o udělení investiční dotace (v části energetický audit dle vyhlášky č. 480/2012 Sb.) ($\frac{\%}{100}$),

VYR roční množství vyrobené elektřiny (MWh),
roční množství vyrobeného tepla (GJ),

P elektrický instalovaný výkon výroby elektřiny v případě podpory na elektřinu (MW_e),
tepelný instalovaný výkon výroby tepla v případě podpory na teplo (MW_t),

PRV průměrné roční využití instalovaného výkonu za dobu životnosti podle vyhlášky o technicko-ekonomických parametrech (kWh_e/kW_e); (kWh_t/kW_t v případě podpory tepla);
provozní hodiny v případě podpory na elektřinu z KVET.⁴

Příloha 6

Výpočet poměrné úspory primárního paliva ÚPE oproti oddělené výrobě elektřiny a tepla:

$$\dot{UPE} = \left(1 - \frac{1}{\frac{\eta_q^T}{\eta_r^V} + \frac{\eta_e^T}{\eta_r^E}} \right) * 100 \quad [\%]$$

$$\eta_q^T = \frac{Q_{U\dot{Z}}}{Q_{PAL\ KVET}}$$

$$\eta_e^T = \frac{E_{KVET}}{Q_{PAL\ KVET}}$$

Kde:

η_q^T je účinnost tepla z kombinované výroby elektřiny a tepla definovaná jako množství užitečného tepla vyrobeného v kogenerační jednotce dělené množstvím části celkového paliva připadající na výrobu elektřiny pocházející z kombinované výroby elektřiny a tepla, mechanické energie a užitečného tepla [-]

η_e^T je elektrická účinnost kombinované výroby elektřiny a tepla definovaná jako množství elektřiny vyrobené v kogenerační jednotce vázané na výrobu užitečného tepla dělené množstvím části celkového paliva připadající na výrobu elektřiny pocházející z kombinované výroby elektřiny a tepla, mechanické energie a užitečného tepla; pokud kogenerační jednotka vyrábí mechanickou energii, může být elektřina z kombinované výroby elektřiny a tepla navýšena o množství elektřiny ekvivalentní této mechanické energii uvedené [-]

η_r^V je harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu tepla uvedená v přímo použitelném předpisu Evropské unie, kterým se stanoví harmonizované referenční hodnoty účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny a tepla [-]

η_r^E je harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny stanovená podle přímo použitelného předpisu Evropské unie, kterým se stanoví harmonizované referenční hodnoty účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny a tepla přizpůsobená průměrným klimatickým podmínkám v České republice na průměrnou roční teplotu 8 °C [-]

E_{KVET} je množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla [MWh]

$Q_{U\dot{Z}}$ je množství užitečného tepla [MWh]

$Q_{PAL\ KVET}$ je část množství celkového paliva připadající na výrobu elektřiny pocházející z kombinované výroby elektřiny a tepla, mechanické energie a užitečného tepla [MWh].

Harmonizované referenční hodnoty uvedené v Nařízení komise v přenesené pravomoci 2015/2402 ze dne 12. října 2015 pro jednotky spalující zemní plyn a vystavěné od r. 2016:

$$\eta_r^V = 92 \%$$

$$\eta_r^E = 53 \%$$

Korekční faktory pro harmonizované referenční hodnoty účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny:

- *Klimatické podmínky:*

Založeno na rozdílu mezi průměrnou roční teplotou v členském státě a standardními atmosférickými podmínkami ISO (15 °C).

0,1 procentního bodu ztráty účinnosti na každý stupeň nad 15 °C;

0,1 procentního bodu nárůstu účinnosti na každý stupeň pod 15 °C.

- *Ztráty v sítích:*

Napěťová hladina připojení	Korekční faktor (pro dodávky do sítě)	Korekční faktor (pro spotřebu na místě)
≥ 345 kV	1	0,976
≥ 200 – < 345 kV	0,972	0,963
≥ 100 – < 200 kV	0,963	0,951
≥ 50 – < 100 kV	0,952	0,936
≥ 12 – < 50 kV	0,935	0,914
≥ 0,45 – < 12 kV	0,918	0,891
< 0,45 kV	0,888	0,851

Příloha 7

Základní technické údaje

jmenovitý elektrický výkon	164			kW
maximální tepelný výkon	221			kW
zatížení	50	75	100	%
tepelný výkon	137	181	221	kW
příkon v palivu	247	343	434	kW
účinnost elektrická	33,2	35,9	37,8	%
účinnost tepelná	55,6	52,8	50,9	%
účinnost celková (využití paliva)	88,8	88,7	88,7	%
spotřeba plynu	26,1	36,3	45,9	m ³ /h

Opce

TA70 - Technické údaje pro provoz TA70

EKO - Technické údaje pro použití dochlazovacího výměníku

	TA70 ¹⁾	EKO ²⁾	
elektrický výkon	162	164	kW
tepelný výkon	231	232	kW
příkon v palivu	454	434	kW
účinnost elektrická	35,6	37,8	%
účinnost tepelná	53,3	53,4	%
účinnost celková (využití paliva)	91,1	91,2	%
spotřeba plynu při 100% výkonu	48,1	45,9	m ³ /h
spotřeba plynu při 75% výkonu	38,5	36,3	m ³ /h
spotřeba plynu při 50% výkonu	28,9	26,1	m ³ /h

Základní technické údaje jsou platné pro standardní podmínky podle dokumentu „Technické instrukce“.

Minimální trvalý elektrický výkon nesmí klesnout pod 50% jmenovitého výkonu.

Spotřeba plynu je uvedena při fakturálních podmínkách (15°C, 101,325kPa).

1) Jedná se o provedení, které je v mimo standardním rozsahu dodávky, kde do 2. st. mezichladiče vstupuje voda ze sekundárního okruhu o teplotě 70°C.

2) Tepelný výkon je uveden při teplotě vstupní vody 70°C do dochlazovacího výměníku.

Plnění emisních limitů

emise	CO	NOx	
při 5%O ₂ ve spalínách	650	500	mg/Nm ³

Generátor

používaný typ	LSA 46.2 L6
výrobce	LERROY SOMER
cos φ	1,0
účinnost v pracovním bodě	95,1 %
napětí	400 V
frekvence	50 Hz

Motor

typ	TG 170 G5V TW 86
výrobek	TEDOM
počet válců	6
uspořádání válců	v řadě
vrtání x zdvih	130/150 mm
zdvihový objem	11946 cm ³
kompresní poměr	12: 1
otáčky	1500 min ⁻¹
spotřeba oleje normál / max.	0,3 / 0,5 g/kWh
max. výkon motoru	173,2 kW

TG 170 G5V TW 86_850; revize F: 18.9.2013

Tepelný systém

Sekundární okruh

tepelnosné médium	voda
tepelný výkon okruhu	209 kW
jmenovitá teplota vody vstup / výstup	70/90 °C
teplota vratné vody min / max	40/70 °C
jmenovitý průtok	2,5 kg/s
max. pracovní tlak	600 kPa
vodní objem okruhu v KJ	12 dm ³
tlaková ztráta při jmenovitém průtoku	15 kPa
jmenovitý teplotní spád	20 °C

Využití výkonu spalín pro jiné účely

tepelný výkon spalín (vychlazení na 120°C)	123 kW
teplota spalín	561 °C

Primární okruh

tepelný výkon okruhu	209 kW
max. pracovní tlak	250 kPa
vodní objem okruhu v KJ	146 dm ³

Technologický okruh

teplonosné médium	voda + etylenglykol
koncentrace etylenglykolu	35 %
tepelný výkon okruhu	12 kW
teplota chladící kapaliny na vstupu max.	35 °C
jmenovitý průtok	1,5 kg/s
tlaková rezerva při jmenovitém průtoku	60 kPa
max. pracovní tlak	300 kPa
vodní objem okruhu v KJ	15 dm ³

Palivo, přívod plynu

výhřevnost	34 MJ/m ³
min. metanové číslo	80
tlak plynu	2 + 10 kPa
max. změna tlaku při změnách spotřeby	10 %
max. teplota plynu	35 °C

Spalovací a ventilační vzduch

nevyužitelné teplo odvedené ventilačním vzduchem	22 kW
teplota nasávaného vzduchu min / max	10/35 °C
množství spalovacího vzduchu	689 Nm ³ /h
max. množství ventilačního vzduchu na výstupní přírubě	5698 m ³ /h
max. teplota vzduchu na výstupní přírubě	50 °C
max. protiřak na přírubě odvodu ventilačního vzduchu ¹⁾	95 Pa

1) Platí pro standardní hlukové parametry

Odvod spalin a kondenzátu

množství spalin	728 Nm ³ /h
teplota spalin jmen / max	120/150 °C
max. protiřak spalin za přírubou KJ ¹⁾	20 mbar
tlaková ztráta volně dodaného tlumiče	10 mbar
dovolená tlaková ztráta propojovacího spalinového potrubí	10 mbar
rychlost spalin na výstupu (DN 150)	16,5 m/s

1) Platí pro standardní provedení (bez ekonomizérů)

Náplně maziv

množství mazacího oleje v motoru	56 dm ³
objem olejové nádrže pro doplňování	125 dm ³

Hlukové parametry

provedení:	standard	Silent ¹⁾	Super Silent ¹⁾
protihlukový kryt KJ v 1m	77	71	64 dB(A)
výstup ventilace protihlukového krytu v 1m	86	75	65 dB(A)
vývod spalin v 1m od příruby tlumiče ²⁾	65	65	60 dB(A)

1) Hlukové provedení Silent a Super Silent není zahrnuto ve standardním rozsahu dodávky ale je možno jej objednat.
2) Hlukový parametr je možno snížit optimalizací tlumiče výfuku na požadovanou úroveň akustického tlaku nebo použitím tlumiče výfuku v mimo standardním rozsahu navržený na 60 dB(A) v 1m.

Elektrické parametry

jmenovité napětí	230/400 V
jmenovitý kmitočet	50 Hz
účinnost ¹⁾	0,8
jmenovitý proud při $\cos \varphi=0,8$	296 (292 pro TA70) A
jistič generátoru	NSX400F 3P
zkratová odolnost rozváděče	25 kA
příspěvek vlastního zdroje ke zkratovému proudu	< 3 kA
krytí silové části rozváděče zavěněno/otevřeno	IP 31/00
krytí ovládací části rozváděče zavěněno/otevřeno	IP 31/00
doporučené nadřazené jistění	315 A
doporučený připojovací kabel ²⁾ (délka < 50m, při t < 35°C)	NYJ-J 3x150+70

1) Účinnost nastavitelný v rozmezí 0,8C + 1 + 0,8L (rozmezí 0,8C + 1 nutno ověřit dle jednotlivých typů generátorů).

L = indukční zátěž - přebuzeno

C = kapacitní zátěž - podbuzeno

Provoz generátoru s účinností nižší než 0,95 způsobuje omezení činného výkonu soustrojí dle následující tabulky:

účinnost [-]	1	0,95	0,8
výkon [% P _{nom}]	100	100	98

2) Uvedené kabely jsou informační. Nutno provést kontrolní výpočet na oteplení a úbytek napětí dle skutečné délky, uložení a typu kabelu (maximální povolený úbytek napětí je 10 V)

Barevné provedení

protihlukový kryt, základový rám, motor a generátor	RAL 5015 (modrá)
---	------------------



Rozměry a hmotnosti jednotky

délka celková	4395	mm
šířka	1500	mm
výška celková	2225	mm
převážná hmotnost KJ	4350	kg
provozní hmotnost celé KJ	4910	kg

Upozornění

Výrobce si vyhrazuje právo změny tohoto dokumentu a navazujících podkladů.



Příloha 8



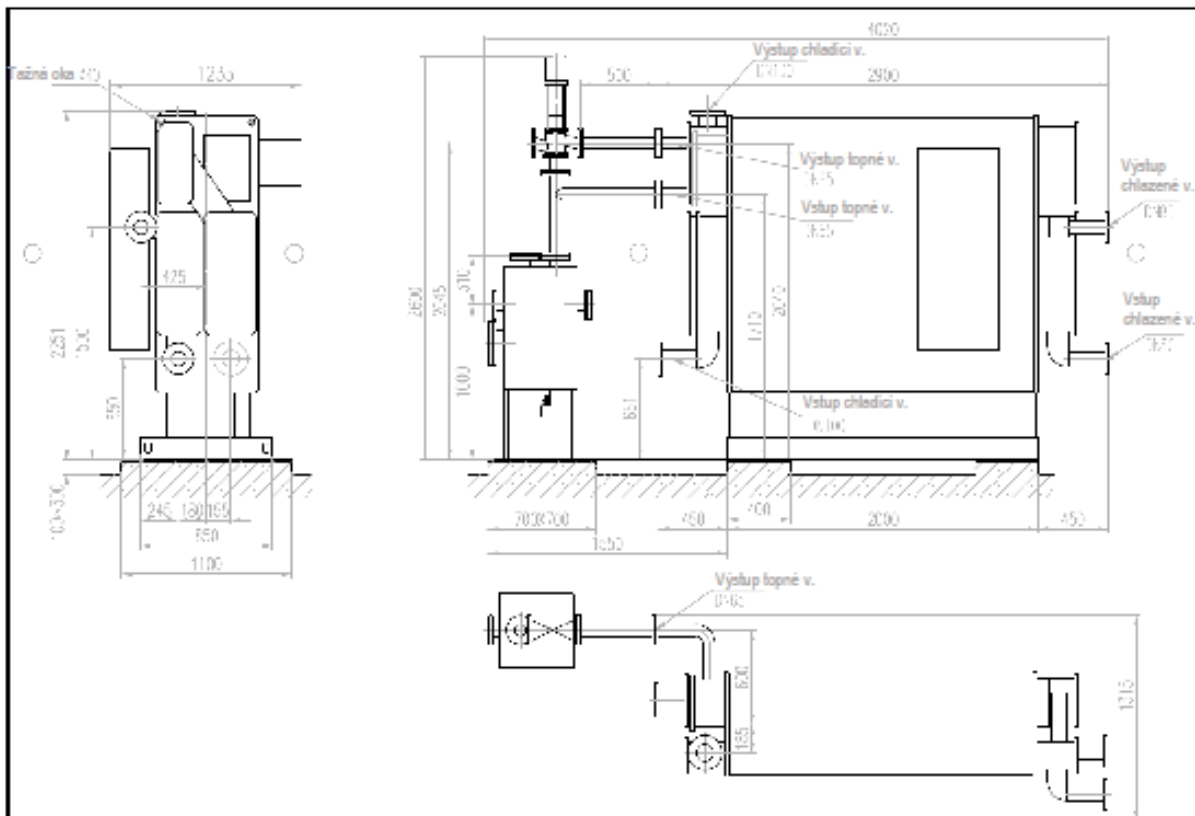
BROAD AIR CONDITIONING
ABSORPČNÍ JEDNOTKY PRO CHLAZENÍ A VYTÁPĚNÍ

Technická data zařízení:

BDH14XI70/90-
32/26-7/14-20

Akce: Diplomová práce Nabídka:

Požadované parametry:		Technická specifikace			
Typ zařízení:	teplovodní	Průtok chlazená voda:	19 m ³ /h	Průtok chladicí voda:	53 m ³ /h
Výkon chlazení:	158 kW	Tlaková ztráta:	45 kPa	Tlaková ztráta:	75 kPa
Teplota chlazená voda	7/14 °C	Účinnost chlazení COP:	0,755	Odvedené teplo:	367 kW
Teplota chladicí voda:	32/26 °C	Průtok topná voda:	9 m ³ /h	Instalovaný příkon:	2,5 kW
Teplota topná voda:	70/90 °C	Spotřeba tepla	209 kW	Napájení:	400/50/3 V/Hz/f
Dostupné teplo:	209 kW	Tlaková ztráta:	80 kPa	Transportní hmotnost:	3300 kg
Počet zařízení:	1	Maximální tlak:	0,8 MPa	Provozní hmotnost:	3900 kg



Připojení:

Chladicí voda: DN100 Topná voda: DN65
Chlazená voda: DN80

Základní technický popis zařízení:

- Výměníky chladicí a chlazené vody jsou tvořeny tenkostěnnými měděnými trubkami se zaválcovaným koncem do čel trubkovic zaručující naprostou těsnost a pevnost po celou dobu životnosti stroje.
- Čerpadla roztoku jsou hermetická, vybavena grafitovými ložisky. Na sání čerpadel jsou instalovány síta se samočisticím efektem. Výkon absorpčního a chladivového čerpadla je řízen frekvenčním měničem.
- Všechny teplé a studené povrchy jsou již ve výrobě opatřeny tepelnou izolací odpovídající charakteristiky.
- Zařízení je vybaveno PLC logikou OMRON, která zabezpečuje bezporuchový chod se vzdáleným dohledem přes webové rozhraní. Jednotka má barevný dotykový grafický displej, který komunikuje s uživatelem v českém jazyce.
- V rozvaděči absorpční jednotky jsou umístěny stykače vnitřního okruhu absorpční jednotky, tak jako relátka pro beznapěťové ovládání stykačů čerpadel příslušného hydraulického okruhu.
- Pro řádný a bezporuchový provoz zařízení je nutno dodržet předepsané nominální provozní podmínky a zároveň dodržet požadovanou kvalitu cirkulační a doplňované vody.
- Jednotka BROAD je dodána s přímým (volitelně třicestřným) regulačním ventilem s havarijní funkcí na vstupu horké vody zajišťující regulaci výkonu absorpční jednotky.

Dodavatel: SOKRA, s.r.o.

Razítko a podpis:

Vypracoval:

Radek Begeni

Dne:

28.4.2017

Poznámka: Všechny rozměry jsou uvedeny v mm, výše uvedená data jsou předběžná a budou v případě objednání upřesněna výrobcem zařízení

Příloha 9

Průběhy Cash flow a ekonomické hodnocení variant.

Předpoklady:

- diskont 7 %
- cena elektřiny: 1 093 Kč/MWh
- cena ZP: 586 Kč/MWh
- meziroční růst cen energií: 0 %
- daň z příjmu: 19 %
- realizace do konce roku 2017

VARIANTA A:

	0	1	2	3	4	5
Zprovoznění [Kč]	100 000					
Úspora [Kč]		597 221	597 221	597 221	597 221	597 221
Základ daně z příjmu [Kč]		555 700	517 953	517 953	517 953	517 953
Daň z příjmu [Kč]		105 583	98 411	98 411	98 411	98 411
CF [Kč]	-100 000	491 638	498 810	498 810	498 810	498 810
DCF [Kč]	-100 000	459 475	435 680	407 178	380 540	355 645
KDCF [Kč]	-100 000	359 475	795 155	1 202 333	1 582 873	1 938 518
NPV [Kč]	1 938 518					
IRR	493%					
Tp [roky]	0,2					
Td [roky]	0,2					

VARIANTA B

Možnost 1: 0. – 10. rok:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investiční výdaje [Kč]	2 250 441										
Svítlidla + zářivky [Kč]	2 011 891										
Likvidace [Kč]	0										
Demontáž a montáž [Kč]	238 550										
Výnosy [Kč]		852 826	936 616	852 826	936 616	852 826	936 616	852 826	936 616	852 826	936 616
Náklady na údržbu PŘED inst. [Kč]			83 790		83 790		83 790		83 790		83 790
Úspora energie [Kč]		641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851
Úspora plateb za měs. rez. kapacitu [Kč]		148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000
Úspora plateb za POZE [Kč]		62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975
Náklady [Kč]		0	0	0	0	1 351 812	0	0	0	0	2 250 441
Náklady na údržbu po inst. [Kč]						1 351 812					2 250 441
Základ daně z příjmu [Kč]	-2 250 441	605 278	435 893	352 103	435 893	-999 709	787 917	552 048	635 838	552 048	-1 614 603
Daň z příjmu [Kč]	0	115 003	82 820	66 900	82 820	0	149 704	104 889	120 809	104 889	0
CF [Kč]	-2 250 441	737 823	853 797	785 927	853 797	-498 986	786 912	747 937	815 807	747 937	-1 313 825
DCF [Kč]	-2 250 441	689 555	745 739	641 550	651 357	-355 770	524 353	465 778	474 807	406 828	-667 882
KDCF [Kč]	-2 250 441	-1 560 886	-815 147	-173 597	477 760	121 990	646 343	1 112 121	1 586 928	1 993 756	1 325 874

Možnost 2: 0. – 10. rok:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investiční výdaje [Kč]	1 867 586										
Svítlidla + zářivky [Kč]	1 593 872										
Demontáž a montáž [Kč]	273 714										
Výnosy [Kč]		852 826	936 616	852 826	936 616	852 826	936 616	852 826	936 616	852 826	936 616
Náklady na údržbu před inst. [Kč]			83 790		83 790		83 790		83 790		83 790
Úspora energie [Kč]		641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851	641 851
Úspora plateb za měs. rez. kapacitu [Kč]		148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000	148 000
Úspora plateb za POZE [Kč]		62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975	62 975
Náklady [Kč]		0	0	0	0	0	0	578 151	0	0	0
Náklady na údržbu po inst. [Kč]								578 151			
Základ daně z příjmu [Kč]	-1 867 586	647 392	521 078	437 288	521 078	437 288	936 616	274 675	809 423	595 549	679 339
Daň z příjmu [Kč]	0	123 004	99 005	83 085	99 005	83 085	177 957	52 188	153 790	113 154	129 074
CF [Kč]	-1 867 586	729 822	837 611	769 741	837 611	769 741	758 659	222 487	782 826	739 672	807 542
DCF [Kč]	-1 867 586	682 076	731 602	628 338	639 010	548 815	505 527	138 554	455 612	402 333	410 513
KDCF [Kč]	-1 867 586	-1 185 510	-453 907	174 431	813 441	1 362 256	1 867 782	2 006 336	2 461 948	2 864 280	3 274 794

Možnost 3: 0. – 10. rok:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Výnosy [Kč]		852 826	936 616	852 826	936 616	895 468	895 468	895 468	895 468	940 241	940 241
Náklady na údržbu před inst. [Kč]			83 790		83 790						
Úspora energie [Kč]		641 851	641 851	641 851	641 851	673 944	673 944	673 944	673 944	707 641	707 641
Úspora plateb za měs. rez. kapacitu [Kč]		148 000	148 000	148 000	148 000	155 400	155 400	155 400	155 400	163 170	163 170
Úspora plateb za POZE [Kč]		62 975	62 975	62 975	62 975	66 124	66 124	66 124	66 124	69 430	69 430
Náklady [Kč]		672 834	672 834	672 834	672 834	706 475	706 475	706 475	706 475	741 799	741 799
Náklady pronájem [Kč]		672 834	672 834	672 834	672 834	706 475	706 475	706 475	706 475	741 799	741 799
Základ daně z příjmu [Kč]		179 993	263 783	179 993	263 783	188 992	188 992	188 992	188 992	198 442	198 442
Daň z příjmu [Kč]		34 199	50 119	34 199	50 119	35 909	35 909	35 909	35 909	37 704	37 704
CF [Kč]		145 794	213 664	145 794	213 664	153 084	153 084	153 084	153 084	160 738	160 738
DCF [Kč]		136 256	186 622	119 011	163 003	109 147	102 006	95 333	89 096	87 431	81 711
KDCF [Kč]		136 256	322 878	441 890	604 893	714 039	816 045	911 378	1 000 474	1 087 905	1 169 616

VARIANTA D: 0. – 7. rok:

	0	1	2	3	4	5	6	7
Investice [Kč]	4 143 500							
Jednotka Tedom Cento T160 [Kč]	2 993 500							
Doprava + Instalace jednotky, stavební úpravy [Kč]	1 000 000							
Vyvedení výkonu, MaR [Kč]	100 000							
Projekt [Kč]	50 000							
Výnosy [Kč]		2 034 511	2 034 511	2 034 511	2 034 511	2 034 511	2 034 511	2 034 511
Výnosy z úspor nákupu elektřiny [Kč]		779 796	779 796	779 796	779 796	779 796	779 796	779 796
Výnosy ze snížení měsíční rez. kapacity [Kč]		181 048	181 048	181 048	181 048	181 048	181 048	181 048
Zelené bonusy [Kč]		1 073 667	1 073 667	1 073 667	1 073 667	1 073 667	1 073 667	1 073 667
Náklady [Kč]		1 405 183	1 405 183	1 405 183	1 405 183	1 405 183	1 405 183	1 405 183
Palivo [Kč]		1 262 503	1 262 503	1 262 503	1 262 503	1 262 503	1 262 503	1 262 503
Opravy, údržba [Kč]		142 680	142 680	142 680	142 680	142 680	142 680	142 680
Základ daně z příjmu [Kč]	-4 599 285	-292 601	-292 601	-292 601	-292 601	629 328	629 328	629 328
Daň z příjmu [Kč]	0	0	0	0	0	119 572	119 572	119 572
CF [Kč]	-4 143 500	629 328	629 328	629 328	629 328	509 756	509 756	509 756
DCF [Kč]	-4 143 500	588 157	549 680	513 719	480 111	363 449	339 672	317 450
KDCF [Kč]	-4 143 500	-3 555 343	-3 005 663	-2 491 944	-2 011 833	-1 648 384	-1 308 712	-991 262

VARIANTA D: 7. – 14. rok:

	8	9	10	11	12	13	14
Investice [Kč]							
Jednotka Tedom Cento T160 [Kč]							
Doprava + Instalace jednotky, stavební úpravy [Kč]							
Vyvedení výkonu, MaR [Kč]							
Projekt [Kč]							
Výnosy [Kč]	2 034 511	2 034 511	2 034 511	2 034 511	2 034 511	2 034 511	2 034 511
Výnosy z úspor nákupu elektřiny [Kč]	779 796	779 796	779 796	779 796	779 796	779 796	779 796
Výnosy ze snížení měsíční rez. kapacity [Kč]	181 048	181 048	181 048	181 048	181 048	181 048	181 048
Zelené bonusy [Kč]	1 073 667	1 073 667	1 073 667	1 073 667	1 073 667	1 073 667	1 073 667
Náklady [Kč]	1 405 183	1 405 183	1 405 183	1 405 183	1 405 183	1 405 183	1 405 183
Palivo [Kč]	1 262 503	1 262 503	1 262 503	1 262 503	1 262 503	1 262 503	1 262 503
Opravy, údržba [Kč]	142 680	142 680	142 680	142 680	142 680	142 680	142 680
Základ daně z příjmu [Kč]	629 328	629 328	629 328	629 328	629 328	629 328	629 328
Daň z příjmu [Kč]	119 572	119 572	119 572	119 572	119 572	119 572	119 572
CF [Kč]	509 756	509 756	509 756	509 756	509 756	509 756	509 756
DCF [Kč]	296 683	277 273	259 134	242 181	226 338	211 531	197 692
KDCF [Kč]	-694 579	-417 306	-158 172	84 009	310 347	521 878	719 570
NPV[Kč]	719 570						
IRR	10%						
Tp [roky]	7,6						
Td [roky]	10,7						

VARIANTA E:

	0	1	2	3	4	5	6	7
Investice [Kč]	6 393 005							
KGJ: Jednotka Tedom Cento T160 [Kč]	2 993 500							
KGJ: Doprava + Instalace jednotky, stavební úpravy [Kč]	1 000 000							
KGJ: Vyvedení výkonu, regulační mechanismy [Kč]	100 000							
ACHJ: Cena jednotky [Kč]	1 785 375							
ACHJ: Cena chladící věže [Kč]	395 307							
ACHJ: Ostatní - doprava, kontrola při 1. nájezdu atd. [Kč]	68 823							
Projekt [Kč]	50 000							
Výnosy [Kč]		3 035 169	3 035 169	3 035 169	3 035 169	3 035 169	3 035 169	3 035 169
Výnosy z úspor nákupu elektřiny [Kč]		1 559 592	1 559 592	1 559 592	1 559 592	1 559 592	1 559 592	1 559 592
Zelené bonusy [Kč]		1 086 008	1 086 008	1 086 008	1 086 008	1 086 008	1 086 008	1 086 008
Výnosy ze snížení měsíční rez. kapacity [Kč] - pro KGJ		181 048	181 048	181 048	181 048	181 048	181 048	181 048
Výnosy ze snížení měsíční rez. kapacity [Kč] - pro ACHJ		52 327	52 327	52 327	52 327	52 327	52 327	52 327
Úspora elektřiny oproti výr. chladu pomocí kompresorů [Kč]		156 194	156 194	156 194	156 194	156 194	156 194	156 194
Náklady [Kč]		2 866 604	2 866 604	2 866 604	2 866 604	2 866 604	2 866 604	2 866 604
Palivo [Kč]		2 525 006	2 525 006	2 525 006	2 525 006	2 525 006	2 525 006	2 525 006
Opravy, údržba KGJ [Kč]		285 360	285 360	285 360	285 360	285 360	285 360	285 360
Opravy, údržba ACHJ [Kč]		56 238	56 238	56 238	56 238	56 238	56 238	56 238
Základ daně z příjmu [Kč]		-534 665	-1 253 878	-1 253 878	-1 253 878	-1 253 878	168 566	168 566
Daň z příjmu [Kč]		0	0	0	0	0	32 027	32 027
CF [Kč]	-6 393 005	168 566	168 566	168 566	168 566	168 566	136 538	136 538
DCF [Kč]	-6 393 005	157 538	147 232	137 600	128 598	120 185	90 981	85 029
KDCF [Kč]	-6 393 005	-6 235 467	-6 088 235	-5 950 636	-5 822 038	-5 701 853	-5 610 872	-5 525 843
NPV [Kč]	-5 525 843							
IRR	#NUM!							
Tp [roky]	40,1							
Td [roky]	---							